

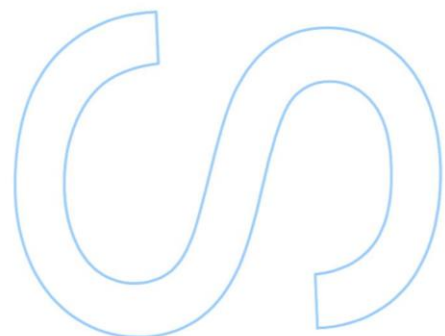
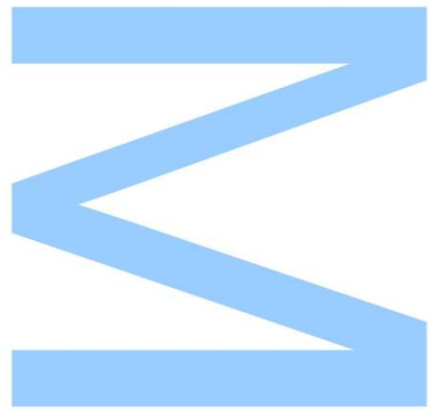


# **Aplicabilidade de um protocolo de avaliação da qualidade de paisagens fluviais em ambiente urbano – O rio Cávado na zona de Barcelos**

**Rosa da Conceição Pedrosa Machado**  
Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente  
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território  
2014

## **Orientador**

Nuno Formigo, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

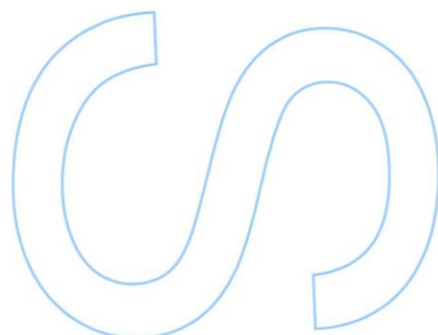
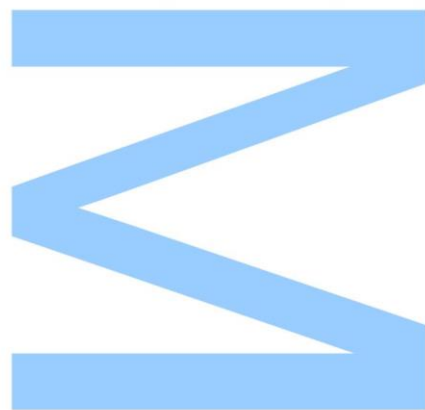




Todas as correções determinadas  
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



“Eles não sabem, nem sonham,  
que o sonho comanda a vida,  
que sempre que um homem sonha  
o mundo pula e avança  
como bola colorida  
entre as mãos de uma criança.”

*António Gedeão. Pedra Filosofal*

-----

“Valeu a pena? Tudo vale a pena,  
Se a alma não é pequena.  
Quem quer passar além do Bojador  
Tem que passar além da dor.  
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,  
Mas nele é que espelhou o céu.”

*Fernando Pessoa. A Mensagem: Mar português*

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que chegasse aqui hoje, todos os que acreditaram em mim, todos os que de alguma forma me incentivaram a nunca desistir daquilo em que acredito.

Ao Professor Doutor Nuno Formigo, meu orientador, pela aposta na minha ideia e a ajuda a concretizá-la neste trabalho. Pela boa disposição com que sempre me recebeu, todo o acompanhamento incansável e a disponibilidade para responder às minhas dúvidas.

Ao Dr. Alexandre Maciel, Vereador do Pelouro do Ambiente da Câmara Municipal de Barcelos, pelo interesse em me ter recebido para falar deste projeto e a ajuda disponibilizada.

Ao Dr. Ruy e à Eng<sup>a</sup> Anabela, do Gabinete de Ambiente da Câmara Municipal de Barcelos, pela amabilidade com que sempre me receberam e pela disponibilidade para o acompanhamento nas visitas ao terreno.

Ao Hugo Flávio, pela colaboração no trabalho de campo.

À minha família, por ser a minha força motriz, por acreditar e incentivar sempre o meu trabalho e, estar sempre ao meu lado até hoje, para tudo.

Aos meus amigos, por estarem sempre presentes para me motivar e para proporcionar momentos de diversão e descontração.

Ao David Norinho, meu namorado, por nunca me deixar desistir mesmo nos momentos mais difíceis, por estar sempre pronto para os meus desabafos, por ter imensa paciência e compreensão, por me ajudar a descontrair e me fazer realmente feliz a cada dia.

## RESUMO

Desde muito cedo o Homem se apercebeu do potencial de fornecimento de serviços por parte dos ecossistemas fluviais, tendo por isso aproximado-se das suas margens e aí desenvolvido as atividades que lhe davam benefício, como o uso da água para consumo ou irrigação, a pesca, o cultivo das margens, os transportes, entre outros. Com o passar do tempo essa ocupação aumentou exponencialmente, devido à expansão das zonas urbanizadas em áreas marginais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de paisagens fluviais, na zona de Barcelos, em meio urbano.

Foram amostradas nove bacias de paisagem, de forma a garantir a representatividade geográfica e estrutural da paisagem ao longo do rio.

Com esta análise verificou-se que o aumento da pressão antrópica leva ao aumento da degradação do ecossistema fluvial, quer pela destruição do ripário, pela artificialização das margens ou pela poluição das margens e do leito, entre outros.

É possível estabelecer um gradiente espacial de qualidade do ecossistema fluvial. No centro da urbanização encontram-se os piores problemas de conservação da paisagem, sendo que à medida que nos afastamos para a periferia a qualidade melhora.

Este estudo pode ser usado como auxiliar da implementação de medidas de eliminação ou minimização das fragilidades indicadas.

Palavras-chave: Ecossistema fluvial; Serviços de ecossistema; Urbanização; Restauração fluvial; Rio Cávado.

## ABSTRACT

Since early man realized the potential of providing services by the freshwater ecosystems and thus approaching its banks and then developed the activities that gave him benefits such as water for drinking or irrigation, fisheries, farming, transport, among others. In the course of time this occupation has increased exponentially due to the expansion of marginal urbanized areas.

The objective of this study was to evaluate the quality of river landscapes, in Barcelos, on urban environment.

Nine landscape basins were sampled in order to ensure geographical and structural representation of landscape along the river.

With this analysis, it has been found that the increase of anthropogenic pressure result on increasing river ecosystem degradation, either by riparian destruction, bank artificialization or bank and bed pollution, among others.

It is possible to establish a spatial gradient quality of the freshwater ecosystem. In the center of urbanization are the worst problems of the landscape conservation, and as we move away from the periphery the quality improves.

This study can be used as a complement to implement measures to eliminate or minimize the indicated weaknesses.

**Keywords:** Freshwater ecosystem; Ecosystem services; Urbanization; Riverscape restoration; Cávado river.

# ÍNDICE

Agradecimentos .....	4
Resumo .....	5
Abstract .....	6
Lista de tabelas .....	9
Lista de figuras .....	10
Lista de abreviaturas .....	13
1. Introdução .....	14
1.1. Estado da água .....	14
1.1.1. Disponibilidade, qualidade e gestão .....	14
1.1.2. Legislação .....	15
1.2. Ecossistema fluvial .....	17
1.1.1. Ecologia da paisagem .....	17
1.1.2. Dinâmica do ecossistema fluvial .....	18
1.1.3. Ripário: constituição e funções .....	19
1.3. Serviços de ecossistema .....	20
1.3.1. Tipos de serviços .....	20
1.3.2. Urbanização e serviços de ecossistema .....	22
1.3.3. Ecologia urbana .....	22
1.3.4. Ameaças aos ecossistemas fluviais urbanos .....	22
1.4. Restauração fluvial .....	24
1.4.1. Valor ecológico .....	25
1.4.2. Ameaças ao valor ecológico dos ecossistemas fluviais .....	26
1.4.3. Plano de restauração .....	26
1.4.4. Monitorização .....	28
2. Objetivos .....	29
3. Materiais e métodos .....	30
3.1. Área de estudo .....	30
3.1.1. Hidrografia e disponibilidade hídrica .....	31
3.1.2. Geologia .....	32
3.1.3. Uso do solo .....	33
3.1.4. Clima .....	33
3.1.5. Ecologia .....	34
3.1.6. Principais ameaças .....	34
3.2. Metodologia .....	36
3.2.1. Amostragem .....	36
3.2.2. Ficha descritiva das bacias de paisagem analisadas .....	38
3.2.3. Análise da paisagem .....	47
3.2.4. Tratamento de dados .....	47
4. Resultados e discussão .....	49
4.1. Análise de variáveis .....	49

4.1.1.	Serviços de ecossistema.....	49
4.1.2.	Fatores de risco .....	50
4.1.3.	Margens.....	51
4.1.4.	Leito .....	51
4.1.5.	Estrutura da paisagem .....	57
4.1.6.	Ripário .....	57
4.2.	Análise geral das bacias de paisagem.....	59
4.3.	Propostas de intervenção .....	62
4.3.1.	Foz rio Côvo .....	62
4.3.2.	Açude.....	64
4.3.3.	Ponte Ferroviária .....	64
4.3.4.	Praia Fluvial .....	65
4.3.5.	Ponte Medieval.....	67
4.3.6.	Rio da Vila .....	69
4.3.7.	Ponte Nova .....	71
4.3.8.	Rio de Lima .....	72
4.3.9.	ETAR .....	73
5.	Conclusão .....	74
6.	Referências bibliográficas .....	76
7.	Anexos .....	82



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das bacias de paisagem analisadas

Tabela 2: Correlação de *Spearman* entre as variáveis analisadas (triângulo superior - nível de significância; triângulo inferior - coeficiente de correlação)

## LISTA DE FIGURAS

Fig.1) Representação espacial do modelo matriz mancha corredor. Fonte: (FISRWG, 1998)

Fig. 2) Dimensões espaciais do ecossistema fluvial. Fonte: (Pereira *et al.*, 2004a)

Fig. 3) Representação da área do ripário. Fonte:(USDA, 2014)

Fig. 4) Tipos de serviços de ecossistema. Fonte:(Elmqvist *et al.*, 2013)

Fig. 5) Serviços e funções da água (ligação com a conservação da natureza a negrito).  
Fonte:(Pereira *et al.*, 2004a)

Fig. 6) Opções de intervenção para melhoria de um ecossistema degradado. Fonte:  
(Cambridge, 2002)

Fig. 7) Prioridade de restauração de um ecossistema de acordo com o valor ecológico  
e as ameaças a que este está sujeito. Fonte: (Phillips *et al.*, 2001)

Fig. 8) Contextualização geográfica da bacia hidrográfica do Cávado a nível nacional,  
regional e troço analisado. Fonte: Atlas do ambiente

Fig. 9) Localização geográfica do rio Cávado (azul) e afluentes da zona de estudo (rio  
Côvo: laranja, rio de Lima: rosa, rio da Vila: verde) no contexto da bacia hidrográfica do  
Cávado. Fonte: Atlas do ambiente

Fig. 10) Distribuição da precipitação anual na bacia hidrográfica do Cávado. Fonte: Atlas  
do ambiente

Fig. 11) Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Cávado. Fonte: Atlas do ambiente

Fig. 12) Representação espacial do uso do solo na bacia hidrográfica do Cávado. Fonte:  
*Google Earth*

Fig.13) *Acacia dealbata* (Mimosa). Fonte:(UC, 2012)

Fig.14) *Eichhornia crassipes* (Jacinto de água). Fonte:(UC, 2012)

Fig.15) *Corbicula fluminea* (Amêijoia asiática). Fonte: (Consejería de Agricultura, 2012)

Fig. 16) Representação espacial das bacias de paisagem analisadas. Fonte: *Google  
Earth*

Fig. 17) Percentagem da variabilidade total do conjunto de dados explicada por cada componente principal (*Scree plot*).

Fig. 18) Correlação das variáveis analisadas com a primeira componente principal.

Fig. 19) Correlação das variáveis analisadas com a segunda componente principal.

Fig. 20) Projeção no plano das duas primeiras componentes principais dos locais amostrados e das variáveis utilizadas na respetiva caracterização.

Fig. 21) Dendrograma agrupando os locais amostrados.

Fig. 22) Erosão da margem esquerda do rio Côvo. Fonte: Rosa Machado

Fig. 23) Vista frontal e lateral de uma margem coberta com esteiras de ramos vegetativos. Fonte: (Arizpe *et al.*, 2009)

Fig. 24) Fragmentação do ripário na margem direita devido ao acesso ao açude. Fonte: Rosa Machado

Fig. 25) Fragmentação do ripário e acumulação de resíduos. Fonte: Rosa Machado

Fig. 26) Fragmentação do ripário (esquerda), derrocada na margem (centro) e descarga de efluentes na margem (direita). Fonte: Rosa Machado

Fig. 27) Visão lateral de estacas vivas numa margem. Fonte: (Arizpe *et al.*, 2009)

Fig. 28) Deposição de resíduos e má conservação do terreno marginal direito. Fonte: Rosa Machado

Fig. 29) Conservação do estrato herbáceo. Fonte: Rosa Machado

Fig. 30) Proposta de módulo de restauração da vegetação ripícola. Fonte: Rosa Machado

Fig. 31) Erosão marginal, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

Fig. 32) Detritos de origem doméstica, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

Fig. 33) Descarga não identificada, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

Fig. 34) Deposição de resíduos no terreno marginal, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

Fig. 35) Desflorestação do terreno marginal e fragmentação da zona ripícola. Fonte: Rosa Machado

Fig. 36) Fragmentação da zona ripícola. Fonte: Rosa Machado

Fig.37) Proposta de módulo de restauração da vegetação ripícola. Fonte: Rosa Machado

Fig.38) Pormenor do açude, rio Lima. Fonte: Rosa Machado

Fig.39) Ausência de ripário margem direita, rio Lima. Fonte: Rosa Machado

Fig.40) Presença de vegetação exótica. Fonte: Rosa Machado

## LISTA DE ABREVIATURAS

DQA-Diretiva Quadro da Água<sup>1</sup>

PGBH-Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica

PGRH-Plano de Gestão de Região Hidrográfica

INAG- Instituto Nacional da Água

CDB- Convenção para a Diversidade Biológica

RH2- Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça

---

<sup>1</sup> Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ESTADO DA ÁGUA

### 1.1.1. Disponibilidade, qualidade e gestão

A água é um dos recursos mais valiosos para a Humanidade pois, além de ser responsável pela manutenção dos ecossistemas e regulação do clima é o motor da economia, desenvolvimento e sustentabilidade de setores tão diversos como a saúde, agricultura, produção de energia, transportes, entre outros (Murray *et al.*, 2012).

O ciclo constante de água entre os oceanos, atmosfera e terra permite a existência de vida na Terra. Sem a existência de água, a vida na Terra estaria comprometida pois, por exemplo, os organismos que decompõem a matéria orgânica poderiam não existir e logo aí se quebrariam ciclos de matéria e energia (ciclo dos nutrientes), causando disrupção dos ecossistemas (Revenga *et al.*, 2000).

Tal como descrito na Diretiva Quadro da Água (DQA), “a água não é um produto comercial como outro qualquer mas sim um património que devemos ter a consciência de proteger, defender e tratar como tal”. O maior problema na gestão da água doce deve-se à quantidade disponível, que é equivalente a cerca de 2,53% da totalidade da hidrosfera, sendo que desta, apenas cerca de 1% está disponível ao ser humano, que é o que se localiza nos rios, lagos, etc. (UNESCO, 2003).

A tensão sobre os recursos hídricos de água doce tem aumentado nas últimas décadas devido ao crescimento da população mundial, à industrialização e proliferação dos sistemas de irrigação agrícola e, em grande parte devido à falta de práticas de conservação destes recursos que resulta na sua sobre-exploração (Ercin e Hoekstra, 2014; Parish *et al.*, 2012; Revenga *et al.*, 2000).

Atualmente mais de 40% da população mundial vive em zonas com escassez de água, valor este que se estima atingir metade da população mundial dentro de 10 anos. As doenças relacionadas com a escassez ou baixa qualidade da água são a maior causa de doença e morte nos países em desenvolvimento (Revenga *et al.*, 2000; UNESCO, 2003)

A qualidade da água é definida através das características físicas, químicas e biológicas, de acordo com a finalidade para que é usada. Diferentes usos requerem padrões de qualidade da água diferentes, isto é, água destinada a alimentação ou lazer requer níveis elevados de qualidade, enquanto na água para produção de energia esses padrões não são tão importantes (Bos *et al.*, 2005; Revenga *et al.*, 2000).

Os fatores que afetam a qualidade da água podem ser de ordem química, física, biológica ou social. Temos os seguintes exemplos: descargas orgânicas (esgotos),

patogénicos, plásticos, pesticidas, resíduos de medicamentos, metais pesados, poluição térmica (proveniente da refrigeração industrial)(Bos *et al.*, 2005).

A capacidade de suportar biodiversidade, por parte dos ecossistemas fluviais, está a ficar cada vez mais reduzida devido à degradação dos habitats, fragmentação dos canais fluviais, desflorestação, poluição e introdução de espécies exóticas.

Devido ao decréscimo da disponibilidade de água doce, à sua crescente falta de qualidade e ao constante aumento da procura, vamos ficar cada vez mais dependentes deste recurso natural, o que pode conduzir a problemas para assegurar a alimentação mundial e sustentabilidade ambiental (Ercin e Hoekstra, 2014).

Em 1993, a assembleia geral das Nações Unidas decidiu declarar o dia 22 de março de cada ano como o dia mundial da água como instrumento para sensibilizar acerca da importância da água doce e sua gestão sustentável, dedicando desse modo cada ano a uma temática específica, por exemplo, este ano centra-se na relação entre a água e a energia (UNIDO e UNU, 2014).

Segundo a ONU, existem dois pontos que devemos ter em conta nesta temática: o facto dos ecossistemas fornecerem serviços essenciais aos seres humanos e que a gestão dos recursos aquáticos deve seguir um modelo que se baseie na gestão do ecossistema.

Para que os resultados sejam os melhores possíveis é necessário integrar a proteção e gestão das águas noutras políticas comunitárias tais como energias, transportes, agricultura, pesca, turismo (CE, 2010).

### 1.1.2. Legislação

No ano 2000 a União Europeia procedeu à adoção da DQA, legislação que veio introduzir uma nova abordagem ao nível da gestão e conservação dos recursos hídricos, que passaram a basear-se em bacias hidrográficas e não em fronteiras nacionais ou políticas. Esta abordagem faz mais sentido, tendo em conta que os rios não terminam o seu curso nas fronteiras de um país, podendo na verdade atravessar vários países até desaguar (ex. Danúbio: Alemanha, Áustria, Eslováquia, Hungria, Croácia, Sérvia, Bulgária, Roménia, Moldávia, Ucrânia).

Esta diretiva tem como objetivo alcançar o bom estado de todos os recursos hídricos (salvo exceções) da União Europeia, até 2015, sugerindo para isso a coordenação de várias políticas dando importância à participação pública (CE, 2010).

A DQA foi transposta para Portugal através da Lei da água (Lei nº58/2005, de 29 de Dezembro), tendo como objetivo evitar a contínua degradação das águas e

contribuir para a melhoria do estado dos ecossistemas aquáticos e dos que deles dependem.

Com esta legislação é introduzido o conceito de estado/potencial ecológico das águas de superfície, o qual tem em conta aspetos como abundância de flora aquática, poluição química, parâmetros morfológicos (caudal da massa de água, estrutura do leito fluvial, etc.) e divide-se em cinco categorias de qualidade (excelente, bom, razoável, medíocre e mau) (CE, 2010; MAOTDR, 2009).

Com isto são criados o plano de gestão de bacia hidrográfica (PGBH), que delimita as bacias hidrográficas e o plano de gestão de região hidrográfica (PGRH) que as associa por regiões e usa instrumentos de planeamento das águas que visam a sua gestão, proteção e valorização ambiental, social e económica (APA, 2014).

Em cada bacia hidrográfica, o Estado ou Estados (rios internacionais) são responsáveis pela sua análise e caracterização para definição do estado das massas de água, tendo em conta o estudo de impacto das atividades humanas, análise económica da utilização da água e programa de monitorização.

A Lei da água articula a conservação da natureza e biodiversidade, o que é um ponto importante devido às crescentes pressões sobre os ecossistemas fluviais, pela procura de água e alimento, que coloca mais espécies e habitats em risco (Revenga *et al.*, 2000).

Em termos institucionais, em Portugal, os principais responsáveis por assegurar a aplicação da lei da água são o Instituto Nacional da Água, I.P. (INAG) como autoridade nacional da água e as Administrações de Região Hidrográfica, que tem como funções o planeamento, fiscalização, monitorização e gestão, nas bacias sob sua jurisdição (MAOTDR, 2009)



## 1.2. ECOSSISTEMA FLUVIAL

### 1.2.1. Ecologia da paisagem

A ecologia da paisagem estuda o desenvolvimento da relação entre o padrão espacial e os processos ecológicos em diferentes tipos de escalas (regional, local) e níveis de organização (ecossistema, população). Esta disciplina integra parâmetros biofísicos e analíticos através de uma perspectiva holística das ciências naturais e sociais. O estudo da paisagem é uma ferramenta essencial para a gestão e conservação dos ecossistemas (Wu, 2008).

O estudo da paisagem desenvolve-se muitas vezes através do modelo matriz-mancha-corredor, que está representado na figura 1, o qual fornece uma interpretação espacial da estrutura de uma paisagem e pode ser aplicado a diferentes escalas. A matriz é definida como o tipo de cobertura do solo dominante, sendo normalmente do tipo agrícola ou florestal. Uma mancha é um polígono de tipologia diferente e abundância inferior à matriz. Quando existem diversas manchas e nenhuma é dominante, denomina-se mosaico. O corredor é uma mancha que faz a conexão entre várias manchas na matriz, como é o caso do rio no contexto da paisagem fluvial que cria conectividade entre os vários elementos da paisagem fluvial (FISRWG, 1998). Devido a esta interação terra-água, as bacias hidrográficas são ótimos objetos de estudo da paisagem, pois permitem compreender perturbações, como o impacte das ações antropogénicas (Araújo *et al.*, 2009).

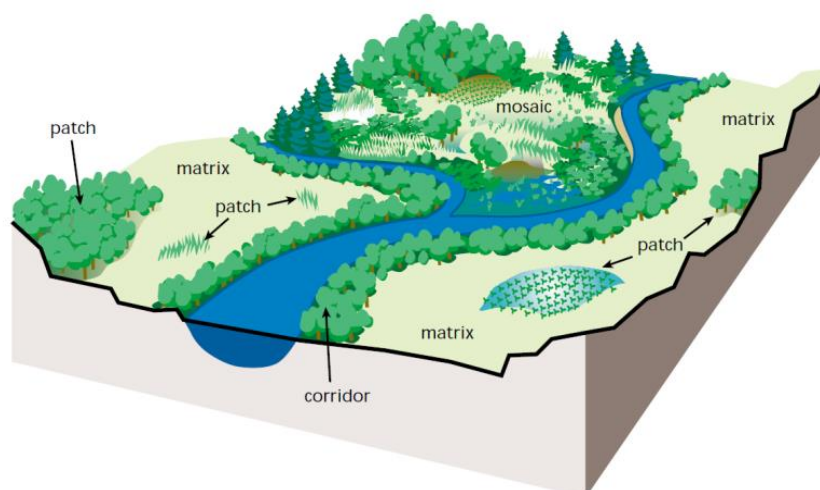


Fig.1) Representação espacial do modelo matriz mancha corredor. Fonte: (FISRWG, 1998)

### 1.2.2. Dinâmica do ecossistema fluvial

A partir de modelos teóricos de funcionamento dos sistemas fluviais pode fazer-se a previsão da reação do ecossistema face a ações antropogénicas e criar medidas adequadas de gestão e recuperação.

Um modelo com a visão mais holística, é o modelo de interpretação a quatro dimensões criado por Ward em 1989. Este modelo defende que existem três dimensões espaciais (figura 2): longitudinal, vertical e lateral e uma quarta dimensão que é a temporal.

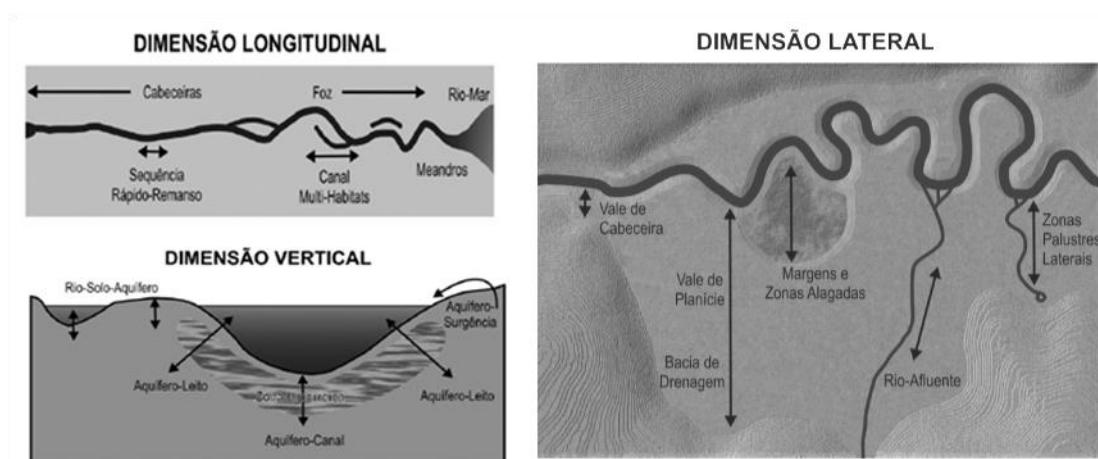


Fig. 2) Dimensões espaciais do ecossistema fluvial. Fonte: (Pereira *et al.*, 2004a)

Na dimensão temporal englobam-se desde variações hidrológicas interanuais e intra-anuais, até processos da formação e desenvolvimento das bacias hidrográficas, sendo por isso uma dimensão difícil de definir. A dimensão temporal pode relacionar-se com a espacial pois quanto maior a escala temporal, maior a escala geográfica, isto acontece, por exemplo ao nível das alterações climáticas que demoram muitos anos e afetam várias regiões geográficas.

A dimensão lateral está relacionada com as inundações periódicas do vale de cheia, o que permite a existência de habitats sazonais.

A dimensão vertical situa-se entre o leito do rio e o aquífero e tem a ver com a conexão entre a atmosfera e a água subterrânea.

A dimensão longitudinal divide os rios em três zonas: cabeceiras, zona de transferência e zona de deposição. O conceito de contínuo fluvial pode ser aplicado neste nível devido às mudanças de gradientes físicos e outros, que ocorrem ao longo do curso fluvial e que são acompanhadas por alterações tróficas e na comunidade biológica (DNR, 2014).

### 1.2.3. Ripário: constituição e funções

A zona ripícola é uma área tridimensional de transição que representa uma interface ativa entre o ecossistema terrestre e fluvial (figura 3).

A configuração da estrutura da zona ripícola é causada pela hidrologia, que com os seus diferentes caudais e alteração da morfologia do canal, desenham a distribuição da vegetação, topografia e suas estruturas geomorfológicas. Esta estruturação está dependente do momento, duração, frequência e magnitude do escoamento (Arizpe *et al.*, 2009).

Estas áreas são consideradas centros de grande biodiversidade, pois permitem o refúgio para comunidades aquáticas e terrestres, e a possibilidade de ocorrer recolonização depois de uma perturbação do seu habitat (Looy e Meire, 2009).

As galerias ripícolas são de extrema importância para a integridade do ecossistema fluvial proporcionando diversos serviços. Esta zona é responsável pelo fornecimento de alimento às comunidades terrestres e aquáticas através da matéria orgânica proveniente da vegetação. A estabilização das margens e do canal fluvial é outro dos serviços proporcionados pela fixação das raízes da galeria ripícola, que funciona também como filtradora dos poluentes provenientes de montante e zonas adjacentes. Esta assimilação dos poluentes dá-se pela porção aérea da vegetação, tal como pela sua componente radicular e as comunidades microbianas (Arizpe *et al.*, 2009; Lovett e Price, 2007). Por estas funções e pelo elevado valor paisagístico que possui é de grande importância a conservação e recuperação de zonas ripícolas (ISA e UTAD, 2006).

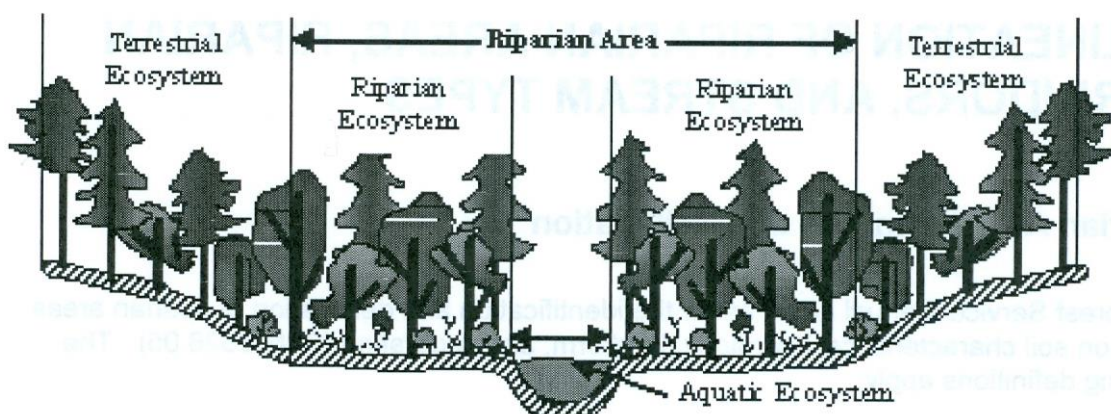


Fig. 3) Representação da área do ripário. Fonte:(USDA, 2014)

## 1.3. SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA

### 1.3.1. Tipos de serviços

Serviços de ecossistema são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. O *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)* agrupou os serviços de ecossistemas em quatro grupos, representados na figura 4: produção, regulação, suporte e culturais (Pereira *et al.*, 2004b).

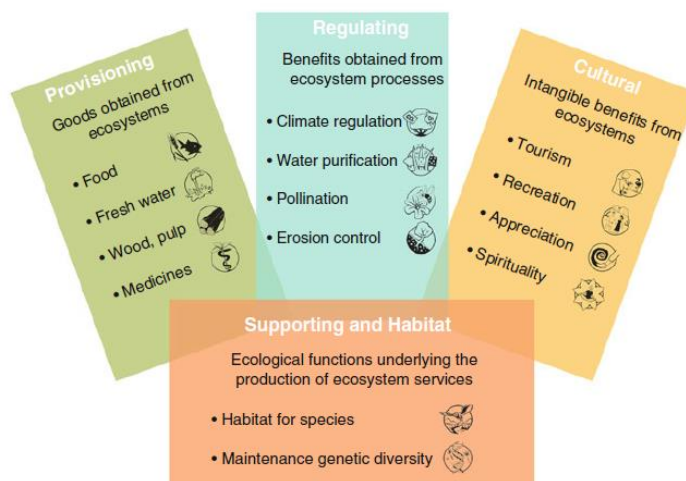


Fig. 4) Tipos de serviços de ecossistema. Fonte: (Elmqvist *et al.*, 2013)

Os serviços de produção são os produtos obtidos a partir dos ecossistemas. Estes podem ser a produção de alimentos, que nas cidades tem lugar em campos periféricos, telhados, quintais e em hortas comunitárias. Na maior parte dos casos, as cidades produzem apenas uma pequena parte dos alimentos que consomem e, dependem de outras áreas para responder às suas necessidades. A produção de agricultura urbana pode servir para garantir a segurança alimentar em períodos de crise. Outro serviço de produção é a disponibilidade de água doce, abastecida pelos ecossistemas que asseguram a sua reserva e libertação controlada.

Temos também serviços de regulação que são benefícios obtidos através da regulação dos processos dos ecossistemas, como é o caso da regulação da temperatura urbana e a redução da poluição sonora. No primeiro caso, a regulação surge da vegetação que reduz a temperatura nos meses mais quentes através da sombra e absorção do calor por evapotranspiração, especialmente quando a humidade é baixa. Por outro lado, o solo e as plantas podem reduzir a poluição sonora através da absorção, desvio, reflexão e refração das ondas sonoras.

Nos serviços culturais, os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, pode ser incluída a recreação, tão importante para os cidadãos devido ao stress inerente

ao ambiente das cidades. Parques, florestas, lagos, rios fornecem muitas possibilidades de lazer, aumentando a saúde e bem-estar humano. O serviço de estética traduz se em benefícios físicos e psicológicos que enriquecem a vida humana, pois os espaços verdes estão associados à redução de stress.

Os serviços de suporte, necessários para a produção de todos os outros serviços de ecossistema, sustentam habitat para a manutenção da biodiversidade. Os sistemas urbanos podem funcionar como refúgio para várias espécies de aves, anfíbios, abelhas e borboletas. Se forem bem aproveitados, os espaços verdes podem servir de habitat para as espécies afetadas pelas mudanças no uso da terra urbana.

A crescente procura pelos serviços de ecossistema leva à sua degradação contínua e consequente incapacidade de resposta (UNEP, 2009a).

Quando ocorrem alterações nos serviços de ecossistema, o bem-estar humano fica comprometido no que diz respeito aos recursos materiais básicos necessários a uma vida com qualidade, saúde, relações sociais e culturais (Pereira *et al.*, 2004b).

A economia não funciona se os ecossistemas e os serviços fornecidos por estes, tais como água, biodiversidade, madeira, alimentos, estiverem em desequilíbrio ou degradados (MEA, 2005).

A Convenção para a Diversidade Biológica (CDB) veio trazer uma nova abordagem do ecossistema, sendo uma estratégia para a gestão integrada da terra, água e recursos vivos que fornecem uma distribuição equilibrada dos serviços de ecossistema (UNEP, 2009b).

As águas interiores superficiais, como é o caso dos rios, contribuem com diversos serviços (figura 5) destacando a irrigação, o abastecimento às populações e ao tecido industrial, energia renovável, suporte para atividades piscatórias, atividades de turismo e lazer (Pereira *et al.*, 2004a).

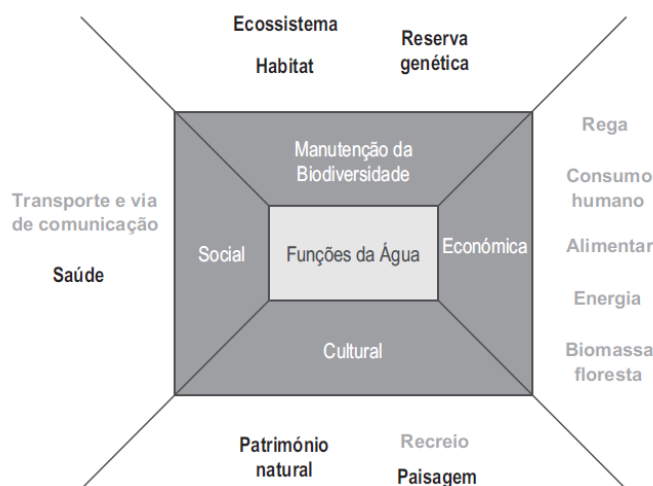


Fig. 5) Serviços e funções da água (ligação com a conservação da natureza a negrito). Fonte: (Pereira *et al.*, 2004a)

### 1.3.2. Urbanização e serviços de ecossistema

Nas zonas urbanas os ecossistemas providenciam serviços importantes. Fornecem água, sequestram carbono, filtram poluentes, moderam as condições climáticas, controlam as cheias, protegem os solos da erosão e mantêm a biodiversidade (Alberti, 2010)

A crescente urbanização aumenta os desafios para o funcionamento e equilíbrio dos ecossistemas, pois afeta a sua estrutura e função através da transformação da paisagem natural, alteração de processos biofísicos e habitat e modificação dos ciclos biogeoquímicos (Alberti, 2010). A urbanização tem grandes impactos na ecologia da Terra, pois provoca a alteração dos habitats naturais e a composição das espécies. Causa ainda, disrupção nos sistemas hidrológicos e modifica o fluxo de energia e ciclo dos nutrientes (Alberti *et al.*, 2007).

Perante estas ameaças surge então o desafio e a necessidade de compreender a ecologia das cidades para auxiliar na tomada de decisões políticas de planeamento ou conservação regional (Pickett *et al.*, 2011).

### 1.3.3. Ecologia urbana

Existem dois significados para o termo ‘ecologia urbana’, um científico e outro de planeamento urbano. O primeiro é usado para estudos da distribuição e abundância dos organismos nas cidades e à sua volta. Quanto ao planeamento urbano está mais focado na definição dos serviços ambientais para as pessoas e em reduzir os impactos ambientais das zonas urbanas (Pickett *et al.*, 2011).

### 1.3.4. Ameaças aos ecossistemas fluviais urbanos

Os efeitos das mudanças da paisagem nos ecossistemas fluviais são resultado da remoção de vegetação, compactação do solo, drenagem e a cobertura da superfície terrestre com ruas impermeáveis (Alberti *et al.*, 2007).

A urbanização causa muitas vezes perda de habitats ripários reduzindo desse modo a capacidade da bacia hidrográfica para filtrar nutrientes e sedimentos. Ao eliminar a vegetação em redor do canal fluvial a estabilização das margens e do canal reduz e o risco de erosão é elevado. Outro problema é o desaparecimento do ensombramento proporcionado pela canópia do ripário que controla a temperatura e as folhas que deixam assim de estar disponíveis para a cadeia trófica (Alberti *et al.*, 2007).

A integridade da floresta ripária é vulnerável à modificação intensa da terra associada à urbanização. A diversidade de espécies e a densidade de plantas nativas tende a decrescer e as espécies exóticas tendem a aumentar. Mas esta diversidade e

densidade dependem do nível de urbanização, pois em zonas pouco urbanizadas a diversidade da canópis ripária é elevada e a introdução de espécies exóticas é baixa, ao contrário das zonas muito industrializadas. Outro aspeto associa o aumento da densidade das lenhosas exóticas e a diminuição das nativas, à proximidade de estradas e vias ferroviárias. Estes fatores afetam a diversidade das espécies nativas pois ajudam a invasão exótica diretamente pela dispersão das sementes ou indiretamente ao aumentar a disponibilidade de luz devido à fragmentação da paisagem (Pennington *et al.*, 2010).

As populações aproximaram-se dos rios por causa das necessidades de transportes, produção de energia, alimento e eliminação de resíduos o que resultou no ‘síndrome do canal urbano’ que é caracterizado por uma hidrografia atrativa, elevada concentração de nutrientes e contaminantes e alteração da morfologia do canal, redução da diversidade de espécies e aumento da dominância de espécies exóticas (Pennington *et al.*, 2010).

A perda de biodiversidade aumenta a vulnerabilidade humana em relação a calamidades naturais, tornando reduzida a sua resiliência. Os conhecimentos atuais dos padrões de ecossistema ligados à arquitetura de paisagem permitem não só aos responsáveis pelo planeamento e gestão do território, mas aos cidadãos em geral, a oportunidade de construir paisagens sustentáveis. O problema da implementação destes projetos é a rápida evolução do crescimento da população em áreas urbanas e a reduzida disponibilidade de recursos educativos nesta área (Elmqvist *et al.*, 2013).

## 1.4. RESTAURAÇÃO FLUVIAL

Um habitat fluvial de grande qualidade, como um rio, pode proporcionar serviços à sociedade desde bem-estar e recreação, ao controlo de cheias e água para consumo. Um habitat degradado pode tornar-se saudável e seguro (Phillips *et al.*, 2001).

A missão de qualquer projeto de restauração ecológica é restabelecer um ecossistema funcional e que contenha biodiversidade suficiente para continuar a sua evolução naturalmente (Clewel *et al.*, 2000). Existem diferentes opções para melhorar o estado de um ecossistema fluvial e estão representadas na figura 6.

**Restauração** é intervir de forma a voltar à estrutura e funcionamento do ecossistema original. Os objetivos de um projeto de restauração ideal incluem a restauração da qualidade da água, o sedimento natural e regime de fluxo, a geometria natural e estabilidade do canal, a comunidade de plantas ripárias naturais e as plantas e animais aquáticos nativos (Phillips *et al.*, 2001; Rutherford *et al.*, 2000a). Na realidade, não é totalmente possível retornar às condições do ecossistema original, devido às mudanças que ocorreram a montante e jusante da zona a intervir, sendo por isso mais realistas as metas da reabilitação ou remediação.

**Reabilitação** tem o objetivo de desenvolver os aspetos mais importantes da estrutura e funcionamento para o mais próximo da condição original, mas não implica estabilidade absoluta. (Rutherford *et al.*, 2000a). Esta intervenção pode ser aplicada quando existe a ocorrência de poluição pontual nas margens, quando o ripário é constituído por pequenas quantidades de vegetação atípica ou exótica ou quando este se encontra pouco fragmentado, entre outros. Estes são exemplos de perturbações que podem ser eliminadas sem causar grandes impactes no ecossistema, o que permite conservar a integridade do mesmo.

**Remediação** é usada quando o canal mudou tanto que não é possível retornar ao ecossistema original, desenvolvendo-se aspetos selecionados da sua estrutura e funcionamento para uma melhor condição (Rutherford *et al.*, 2000a). Esta é uma técnica muito utilizada para canais em zonas urbanas, sujeitos a grandes modificações ao longo dos tempos, tais como, alterações do uso do solo envolvente, artificialização das margens, destruição da zona ripária, poluição das margens e leito, entre outros. Como as alterações são múltiplas o processo de recuperação será lento e profundo, mas pode realmente criar um ecossistema mais saudável, sendo contudo impossível voltar ao estado natural inicial.



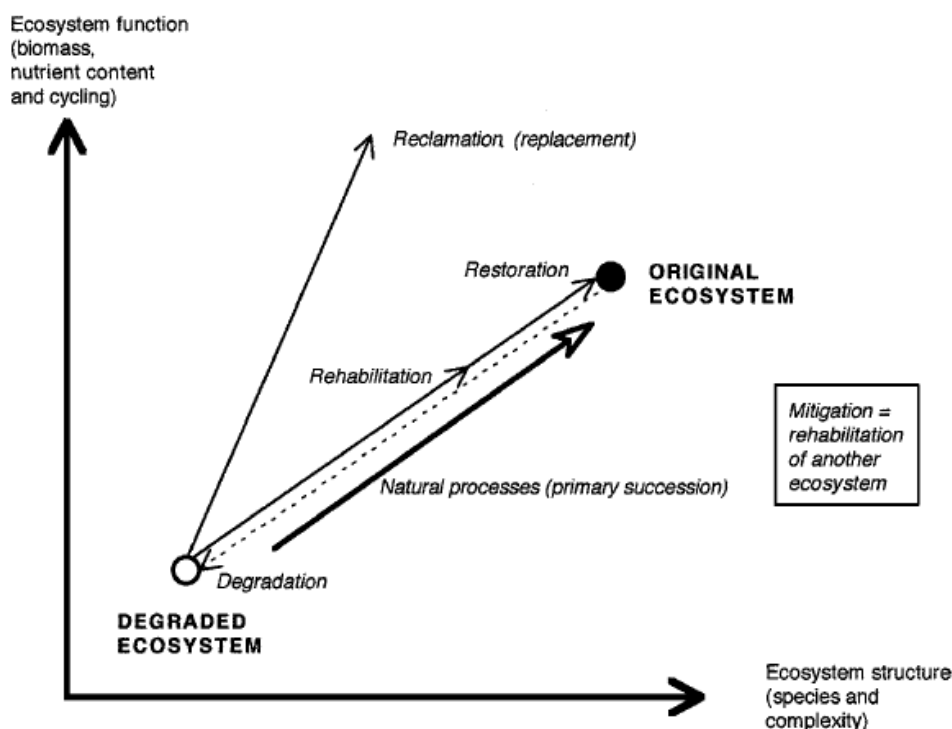


Fig. 6) Opções de intervenção para melhoria de um ecossistema degradado. Fonte: (Cambridge, 2002)

#### 1.4.1. Valor ecológico

Definir o valor ecológico dos cursos de água deve ser um passo primário na proteção destes, estabelecendo aqui as estruturas e funções que precisam de ser mantidas (Bennett *et al.*, 2002; Clewell *et al.*, 2000; Phillips *et al.*, 2001). Valor ecológico é definido como a significância natural das estruturas e funções do ecossistema, expressos em termos de qualidade, raridade e diversidade. A significância pode surgir de características biológicas, físicas ou químicas individuais, ou uma combinação de várias (Bennett *et al.*, 2002; Phillips *et al.*, 2001).

Os critérios usados para identificar o valor ecológico são:

**Naturalidade:** faz comparação com uma condição de referência sem distúrbio (se não houver dados para esse local podem usar-se os de outro similar).

**Representatividade:** analisa se tem características típicas em termos de estrutura ou função.

**Diversidade:** representa o comportamento do rio e a interação entre hidrologia, paisagem, processos e a biota.

**Raridade:** aplica-se quando há um valor natural intrínseco (espécies raras ou em risco) ou quando suporta uma paisagem fora do comum.

**Características especiais:** físicas, químicas ou biológicas.

### 1.4.2. Ameaças ao valor ecológico dos ecossistemas fluviais

As atividades que ameaçam o valor ecológico dos ecossistemas fluviais devem ser identificadas de forma a poderem ser respondidas com gestão apropriada, plano de restauração. Exemplos de ameaças: remoção de vegetação, acesso do gado, poluição pontual ou difusa, barreiras transversais no canal, infestações por ervas daninhas, espécies exóticas, sobreexploração dos recursos pesqueiros, extração de sedimentos, excesso de sedimentação, mudanças no uso do solo (Phillips *et al.*, 2001). A prioridade de intervenção na restauração de um ecossistema e o procedimento restaurativo a aplicar dependem do nível de ameaças a que está sujeito e do valor ecológico do ecossistema, como está explicado na figura 7.

Ecological value	Threats		
	High	Moderate	Low
Low	Priority 5: Consider remediation; Consider reducing existing impacts.	Priority 6: Consider remediation.	Priority 6: Consider remediation.
Moderate	Priority 3: Protect; Restore degraded components; Reduce existing impacts.	Priority 4: Protect; Rehabilitate degraded components.	Priority 5: Protect representative examples; Consider rehabilitating degraded components.
High	Priority 1: Protect; Reduce existing impacts.	Priority 2: Protect; Reduce existing impacts.	Priority 3: Protect representative examples.

Fig. 7) Prioridade de restauração de um ecossistema de acordo com o valor ecológico e as ameaças a que este está sujeito. Fonte: (Phillips *et al.*, 2001)

### 1.4.3. Plano de restauração

Existe uma grande variedade de instrumentos que podem potencialmente ser usados na proteção dos rios, de entre os quais: mecanismos legislativos; instrumentos não legislativos como estratégias, programas, códigos de boas práticas; mecanismos de planeamento; mecanismos de motivação financeira; ações de voluntariado em grupos (Phillips *et al.*, 2001).

É importante saber que as melhorias devem ser autossustentáveis, querendo isto dizer que o canal, depois da intervenção, não necessita de contínuas intervenções

para manter a condição que foi melhorada (Rutherford *et al.*, 2000a). É importante dar ênfase a que a reabilitação não tem de implicar estabilidade absoluta, pelo contrário o sistema fluvial depende de certa forma dos distúrbios causados por cheias, erosão, variabilidade na qualidade da água, para manter a sua diversidade (Rutherford *et al.*, 2000a).

A restauração ecológica pode ser dividida em duas categorias de atuação: passiva ou ativa. A **restauração passiva** consiste na remoção das perturbações ambientais e a colonização por árvores ou arbustos ocorre naturalmente. No caso da **restauração ativa** o terreno é gerido diretamente pelo homem através da plantação de árvores, remoção de espécies exóticas, entre outras ações (Morrison e Lindell, 2010).

Os principais fatores que definem a qualidade do habitat fluvial são as condições de fluxo do corredor, a estrutura física do canal, a zona ripária, a qualidade da água, entre outros.

A restauração de um rio tem como ponto principal manter uma boa conectividade para criar um ecossistema saudável. Atualmente os ecossistemas fluviais encontram-se muito fragmentados devido à existência de pontes, açudes, barragens. Por este motivo um dos objetivos da restauração deve ser a remoção ou atenuação das barreiras físicas que comprometam o fluxo natural do rio e dificultem a passagem dos peixes (NOAA, 2014).

Em relação à estrutura física do canal, o processo de restauração deve incluir a remoção de diques artificiais, estabilização do canal e margens e restauração dos padrões topográficos da planície aluvial (Clarkfork, 2014).

Os solos, quando sujeitos a elevadas pressões (por exemplo, tráfego associado a construção civil), podem desenvolver uma camada compacta relativamente impermeável, que condiciona o movimento da água e penetração das raízes (FISRWG, 1998). Nestes casos é necessário uma aragem profunda do solo ou plantação de vegetação para quebrar a barreira compactada. Outro dos fatores que se deve ter em conta para equilibrar o ecossistema é a vegetação que controla o funcionamento do canal fluvial, daí a enorme importância de proteção e restauração do ripário.

Existem vários métodos para restaurar a vegetação que foi removida do ripário. A primeira escolha deve ser a regeneração natural, por ser um método passivo, menos invasivo para o ecossistema. Esta técnica é apropriada para aplicação por cidadãos ou grupos com poucos recursos. A área a restaurar pode ser vedada para permitir a regeneração natural da vegetação que pode ocorrer através de dispersão pela água, vento ou animais (Price e Lovett, 1999). Técnicas de restauração ativa só devem ser aplicadas se esta falhar ou se o ecossistema estiver muito degradado, sendo por isso

necessária uma intervenção imediata. Exemplos de técnicas ativas são a de sementeira direta ou transplantação. A primeira é considerada dos meios mais eficientes para o restabelecimento da vegetação nativa. A diversidade de plantas é assegurada por este método, sendo que os inconvenientes se centram na germinação que está dependente das condições do solo e sazonais (Price e Lovett, 1999). A transplantação é o método mais tradicional de restaurar a vegetação do ripário. É um método útil para espécies que não germinam rapidamente. Pode ocorrer ‘choque de transplantação’ que se traduz num atraso no crescimento após o transplante (Price e Lovett, 1999).

#### 1.4.4. Monitorização

A monitorização do ecossistema fluvial é um passo imprescindível no processo de restauração fluvial, pois é o momento em que se avalia o sucesso ou insucesso da intervenção feita. Um acompanhamento eficiente da restauração funciona através da definição de objetivos realistas, indicadores sensíveis e referências apropriadas para que os resultados alcançados sejam os melhores (Koehn, 2001). Pode haver monitorização para avaliação do desempenho da implementação do projeto de restauração e para avaliar a tendência de mudanças na paisagem. Além destes fins, pode ainda ter lugar uma avaliação de risco para avaliar a origem e causas das ameaças à integridade do ecossistema e uma caracterização da linha de base de forma a quantificar os processos ecológicos que ocorrem em determinada área (FISRWG, 1998).

## 2.OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho foi testar a aplicabilidade, num ambiente fortemente urbanizado e influenciado por atividades antrópicas, de um protocolo expedito de avaliação da qualidade hidromorfológica de um curso de água, e dos usos do solo nas suas margens.

Em termos operacionais, foi avaliado:

- A adequação do protocolo acima referido para caraterizar a degradação de cursos de água e da respetiva bacia envolvente em ambiente fortemente urbanizado;
- A capacidade de, a partir da análise da informação obtida, evidenciar a existência de um gradiente de situações disfuncionais, em termos ambientais, com vista a estabelecer uma hierarquia de prioridades de intervenção;
- A capacidade de a informação recolhida com o protocolo acima referido servir de base para a elaboração de planos de intervenção com vista à eliminação, ou minimização, das situações disfuncionais encontradas;

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho, com aproximadamente 5km de extensão, corresponde ao troço do rio Cávado que atravessa a zona da cidade de Barcelos e sua periferia.

O rio Cávado, situa-se na região Norte de Portugal Continental (figura 8) e está incluído na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2). A norte faz fronteira com Espanha, com as bacias hidrográficas do Neiva e Lima, a Este com a bacia hidrográfica do Douro e, a Sul com a bacia hidrográfica do Ave (EDP, 2008). Esta bacia tem uma área de aproximadamente 1600km<sup>2</sup> (APA e ARH-N, 2012; EDP, 2008).



Fig. 8) Contextualização geográfica da bacia hidrográfica do Cávado a nível nacional, regional e troço analisado.  
Fonte: Atlas do Ambiente

Administrativamente, a região da bacia hidrográfica do Cávado intersecta 13 concelhos (figura 8): Barcelos, Boticas, Braga, Cabeceiras de Basto, Esposende, Montalegre, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa do Lanhoso, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde e abrange totalmente o concelho de Amares (APA e ARH-N, 2012; EDP, 2008).

Em 2008, os concelhos mais significativos em termos de população residente na área da bacia hidrográfica do Cávado eram Barcelos (113 196 habitantes) e Braga (176 147 habitantes) (APA e ARH-N, 2012).

### 3.1.1. Hidrografia e disponibilidade hídrica

Com nascente na serra do Larouco, a 1520 metros de altitude, o rio Cávado percorre 129 km na direção geral nordeste-sudoeste em direção à foz em Esposende (APA e ARH-N, 2012; EDP, 2008; UM e Simbiente, 2008).

Tem como principais afluentes, na margem direita, o rio Homem que nasce na serra do Gerês e, na margem esquerda, o rio Rabagão que nasce entre as serras do Barroso e Larouco (EDP, 2008; UM e Simbiente, 2008).

Na zona de estudo o rio Cávado tem como afluentes o rio de Lima, o rio da Vila e o rio Côvo, destacados na figura 9.

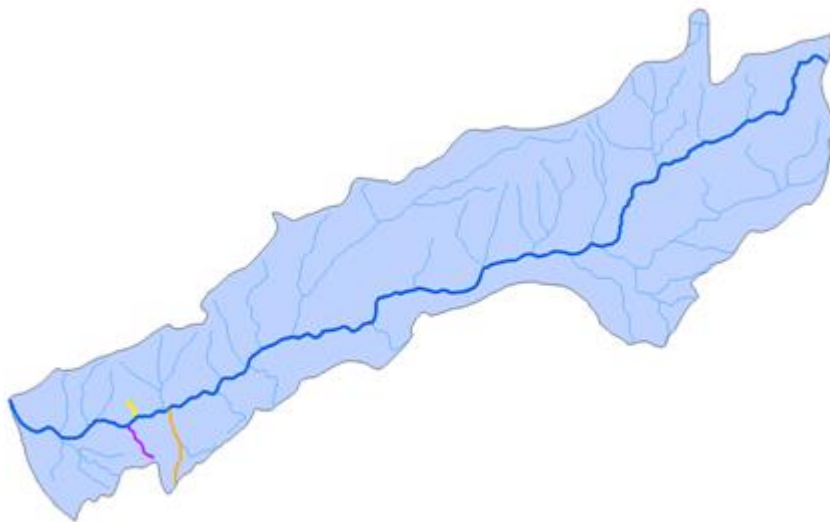


Fig. 9) Localização geográfica do rio Cávado (azul) e afluentes da zona de estudo (rio Côvo: laranja, rio de Lima: rosa, rio da Vila: amarelo) no contexto da bacia hidrográfica do Cávado. Fonte: Atlas do Ambiente

As disponibilidades hídricas no regime natural, na área de estudo, estão principalmente dependentes da distribuição espacial e temporal da precipitação, devido à reduzida capacidade de armazenamento dos aquíferos (EDP, 2008).

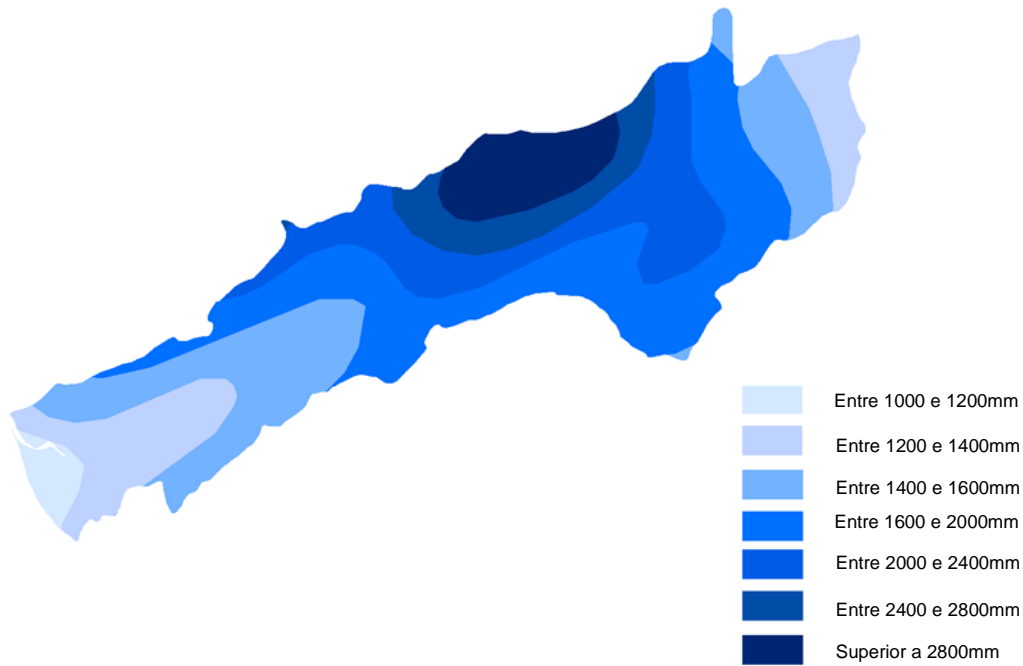


Fig. 10) Distribuição da precipitação anual na bacia hidrográfica do Cávado. Fonte: Atlas do Ambiente

### 3.1.2. Geologia

A bacia hidrográfica do Cávado tem uma altitude média de 542m, sendo que na zona do concelho de Barcelos esse valor diminui para menos de metade, como é possível constatar na figura 11. Esta diminuição da altitude deve-se a uma maior aproximação da foz (EDP, 2008; Peixoto, 2008).

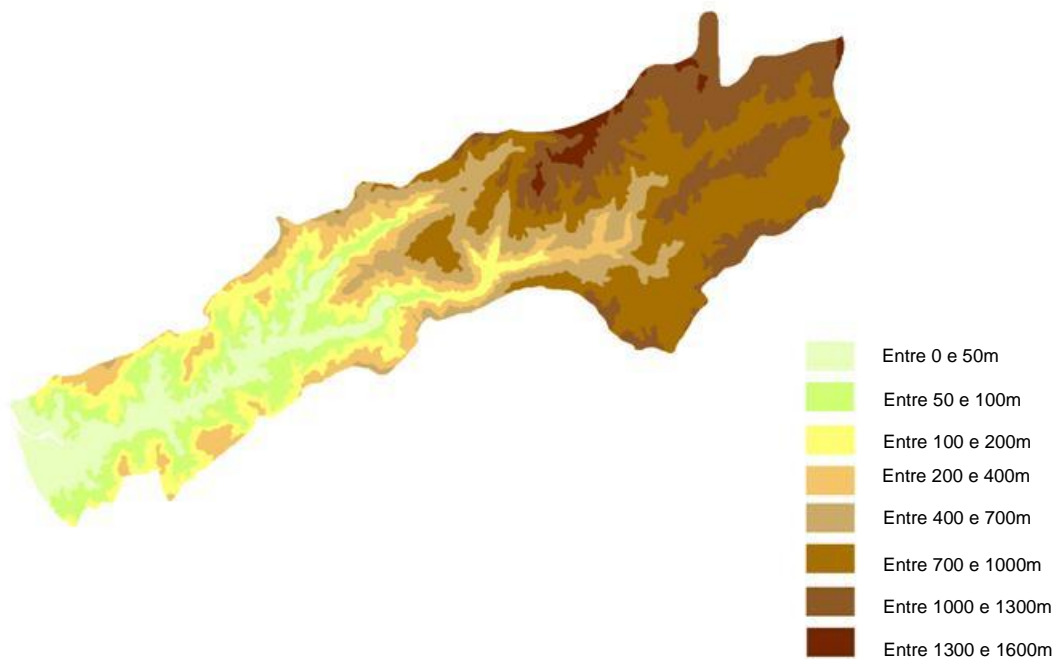
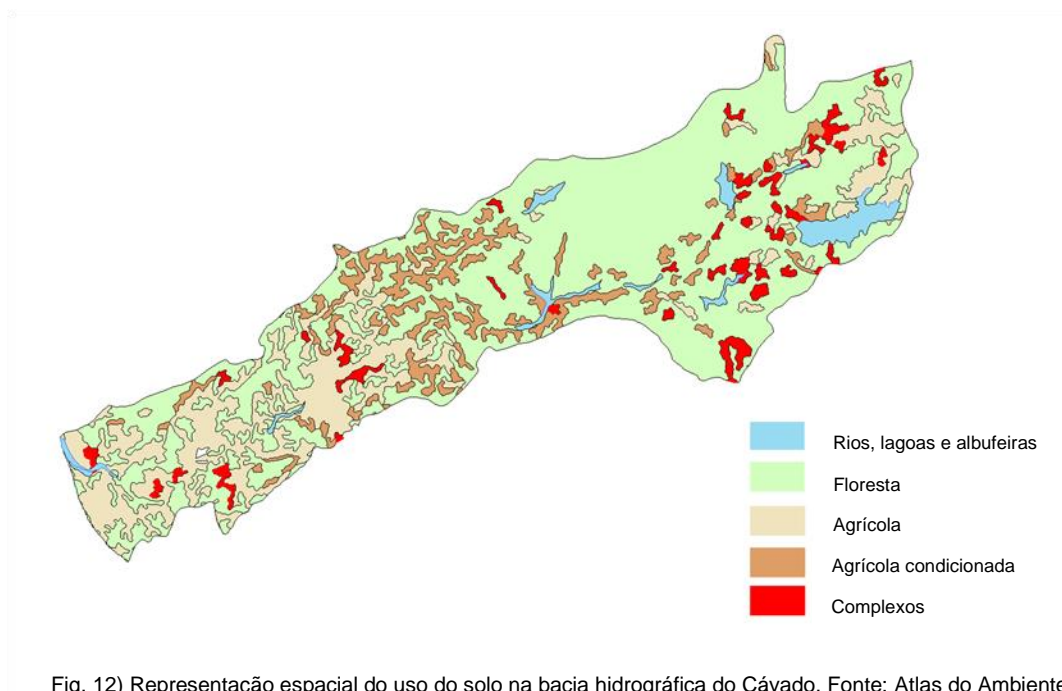


Fig. 11) Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Cávado. Fonte: Atlas do Ambiente



A área do Vale do Cávado apresenta, em quase toda a sua dimensão, formações geológicas que pertencem a afloramentos graníticos das montanhas do noroeste de Portugal (UM e Simbiente, 2008).

### 3.1.3. Uso do solo



Na área mais próxima do litoral, há uma razoável incidência de zonas agrícolas, nas margens e leito do rio (EDP, 2008). Na zona do concelho de Barcelos existe uma elevada densidade de zonas florestais e, na área mais marginal da cidade há um elevado número de territórios artificializados (figura 12). Os espaços industriais são bastante elevados na área de estudo, sendo que esta densidade só é ultrapassada por Braga, em toda a extensão da bacia hidrográfica do Cávado (UM e Simbiente, 2008).

### 3.1.4. Clima

Na área em estudo, o clima é temperado, húmido e chuvoso (EDP, 2008; Peixoto, 2008). A precipitação é em média de 1500 ppm por ano (figura 10) e a humidade é em média 75%. Na região de Barcelos, o verão é quente e o inverno é fresco, sendo que a temperatura média anual ronda os 14°C (UM e Simbiente, 2008).

O clima da região da bacia hidrográfica do Cávado resulta da sua localização geográfica (proximidade do Atlântico) e da forma e disposição dos conjuntos montanhosos do noroeste de Portugal.

### 3.1.5. Ecologia

Os cursos de água da bacia hidrográfica do Cávado estão referenciados como apresentando degradação ecológica moderada, sendo no entanto possível identificar locais de significativo valor ecológico no rio Homem e Cávado (UM e Simbiente, 2008).

A vegetação ripícola é muito diversa e tem uma organização complexa na zona em estudo, tal como a flora que tem elevada diversidade de espécies nas comunidades marginal e aquática (EDP, 2008; UM e Simbiente, 2008)

Quanto à fauna podemos destacar riqueza em avifauna, em particular as limícolas, as garças e os passeriformes, na zona mais estuarina da bacia (UM e Simbiente, 2008).

### 3.1.6. Principais ameaças

As espécies invasoras são uma das grandes ameaças à integridade ecológica do ecossistema fluvial do Cávado. Como definido pelo Decreto de Lei nº 565/99 de 21 de dezembro, uma espécie invasora é uma “espécie suscetível de, por si própria, ocupar o território de uma forma excessiva, em área ou em número de indivíduos, provocando uma modificação significativa nos ecossistemas”.

As espécies com estatuto de invasoras e que ameaçam o rio Cávado, na zona de Barcelos, são *Eichhornia crassipes* (Jacinto de água), *Acacia dealbata* (Mimosa) e *Corbicula fluminea* (Amêijoia asiática).



Fig.13) *Eichhornia crassipes* (Jacinto de água).  
Fonte:(UC, 2012)



Fig.14) *Acacia dealbata* (Mimosa). Fonte:(UC, 2012)

O jacinto de água (figura 13) foi introduzido inicialmente com objetivos ornamentais, devido à flor que produz. A sua invasão preferencial dá-se em canais de irrigação, lagos e, é favorecida por águas ricas em nutrientes, nomeadamente azoto, fósforo e potássio. Resiste a variações drásticas no nível de água, acidez e mesmo em níveis baixos de nutrientes. Esta invasora forma um tapete que pode levar à cobertura total da superfície da água o que impede a luz de atravessar, diminuindo assim a biodiversidade e aumentando a eutrofização (UC, 2012).

No caso da mimosa (figura 14) a introdução deu-se com o objetivo de produção florestal e fixação de solos. Esta espécie tem afinidade por terrenos frescos de zonas montanhosas, vales e margens dos cursos de água, colonizando em massa, principalmente depois dos incêndios. É considerada das piores invasoras em Portugal, pois forma povoamentos muito densos, impedindo o desenvolvimento de espécies nativas. A folha é muito rica em azoto, o que provoca a alteração do solo e tem efeitos nefastos no desenvolvimento e sobrevivência de outras espécies (UC, 2012).

Quanto à fauna aquática a invasora é um invertebrado, a amêijoia asiática (figura 15), que foi introduzido para fins económicos. A invasão ocorre preferencialmente em ecossistemas de água doce. Variações de salinidade, temperatura e pH são bem toleradas e a elevada fecundidade (cerca de 35 000 descendentes/adulto) fazem desta espécie das maiores invasoras mundiais na atualidade. O maior impacto desta espécie é nas indústrias dependentes de água doce, o *biofouling*, que consiste no bloqueio de tubagens, diminuição de eficácia nos sistemas de arrefecimento de água e aumento da corrosão (Consejería de Agricultura, 2012; Pinho, 2012).



Fig.15) *Corbicula fluminea* (Amêijoia asiática).  
Fonte:(Consejería de Agricultura, 2012)

## 3.2. METODOLOGIA

### 3.2.1. Amostragem

O troço analisado tem cerca de 5km de extensão, sendo a parte do rio que atravessa a zona mais urbana do concelho de Barcelos. Para se escolher os pontos de amostragem foram analisadas as imagens de satélite do troço, através do *software Google Earth 7*. Com estas imagens foi possível ter uma noção geral do uso do solo e da ocupação das margens ao longo do curso de água.

Para uma decisão mais sensata dos locais de amostragem foi feita uma visita prévia de modo a perceber o estado de conservação cada local, bem como das acessibilidades para fazer a posterior análise da paisagem. Esta visita prévia serviu para decidir o ponto de amostragem, registando-se as coordenadas para a visita posterior.

A amostragem dos pontos foi realizada de forma a descrever as características da área urbana do concelho de Barcelos, tendo como obrigatório a representatividade dos diferentes tipos de elementos de paisagem (urbana, agrícola, florestal). Em cada bacia o ponto de observação foi o que nesse local permitia uma maior amplitude de observação do ecossistema fluvial.

Foram analisados 9 pontos ao longo do troço em estudo, os quais estão descritos na tabela 1 e localizados espacialmente na figura 16. Foi elaborada uma ficha descritiva de cada ponto e encontra-se no anexo I.

Tabela 1: Descrição das bacias de paisagem analisadas

Bacia	Local	Data	Latitude	Longitude
B1	Foz Rio Côvo	09-05-2014	41°32'02.60"N	8°35'23.75"W
B2	Açude	09-05-2014	41°31'50.89"N	8°36'03.80"W
B3	Ponte Ferroviária	09-05-2014	41°31'46.27"N	8°36'21.96"W
B4	Praia Fluvial	08-05-2014	41°31'38.22"N	8°37'00.08"W
B5	Ponte Medieval	08-05-2014	41°31'41.43"N	8°37'31.42"W
B6	Rio de Vila	08-05-2014	41°31'36.10"N	8°37'48.53"W
B7	Ponte Nova	08-05-2014	41°31'27.11"N	8°37'57.47"W
B8	Rio Lima	09-05-2014	41°31'02.21"N	8°38'28.87"W
B9	ETAR	08-05-2014	41°31'12.09"N	8°39'02.50"W

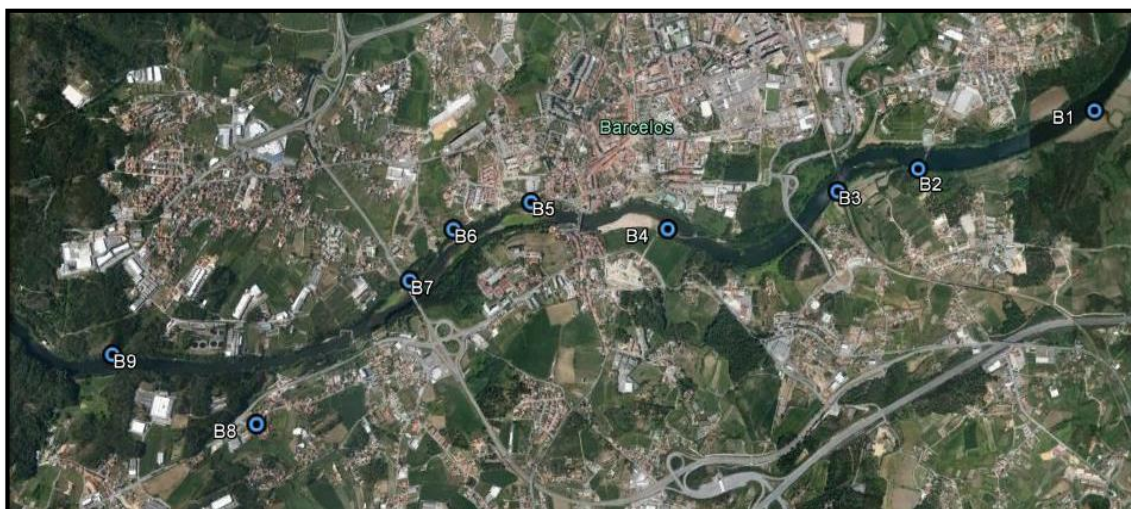


Fig. 16) Representação espacial das bacias de paisagem analisadas. Fonte: Google Earth



### 3.2.2. Ficha descritiva das bacias de paisagem analisadas

#### Bacia de paisagem nº1/9: Foz Rio Côvo

Latitude: 41°32'02.60"N

Longitude: 8°35'23.75"W



Fig.1a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth



Fig.1b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.1c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 1d) Pormenor da margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig.1e) Pormenor da margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº2/9: Açude

Latitude: 41°31'50.89"N

Longitude: 8°36'03.80"W



Fig.2a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth



Fig.2b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.2c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 2d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig. 2e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº3/9: Ponte Ferroviária

Latitude: 41°31'46.27"N

Longitude: 8°36'21.96"W



Fig.3a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth

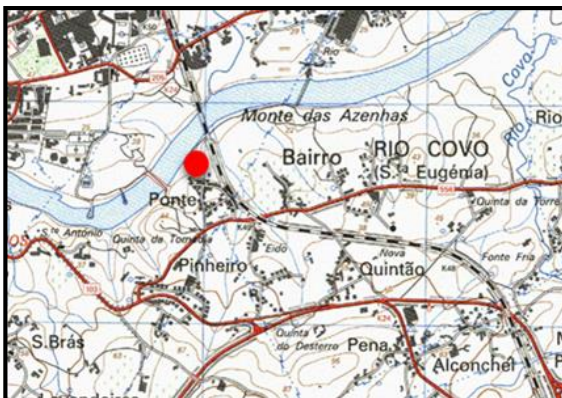


Fig.3b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.3c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 3d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig. 3e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº4/9: Praia Fluvial

Latitude: 41°31'38.22"N

Longitude: 8°37'00.08"W



Fig.4a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth



Fig.4b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.4c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 4d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig. 4e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº5/9: Ponte Medieval

Latitude: 41°31'41.43"N

Longitude: 8°37'31.42"W



Fig.5a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth



Fig.5b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.5c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 5d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig. 5e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº6/9: Rio de Vila

Latitude: 41°31'36.10"N

Longitude: 8°37'48.53"W



Fig.6a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a amarelo. Fonte: Google Earth



Fig.6b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.6c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 6d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig. 6e) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº7/9: Ponte Nova

Latitude: 41°31'27.11"N

Longitude: 8°37'57.47"W

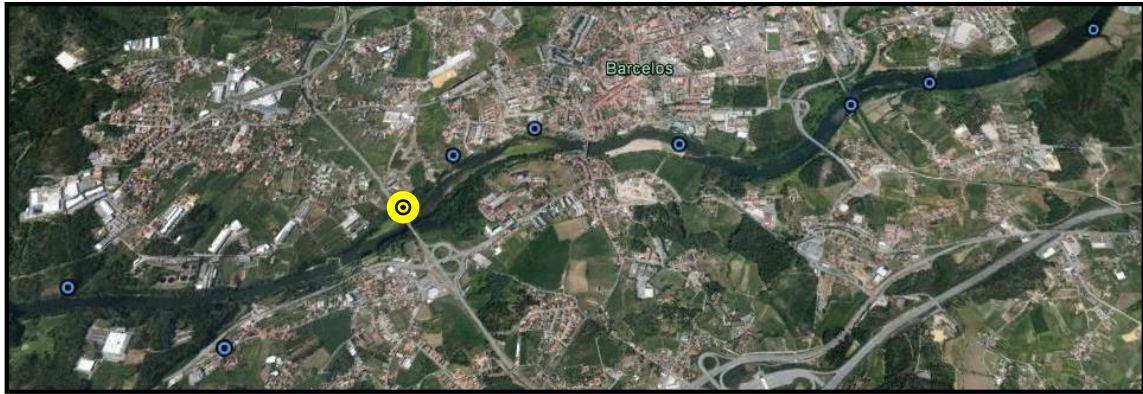


Fig.7a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a vermelho. Fonte: Google Earth



Fig.7b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.7c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 7d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig.7e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº8/9: Rio Lima

Latitude: 41°31'02.21"N

Longitude: 8°38'28.87"W



Fig.8a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a vermelho. Fonte: Google Earth

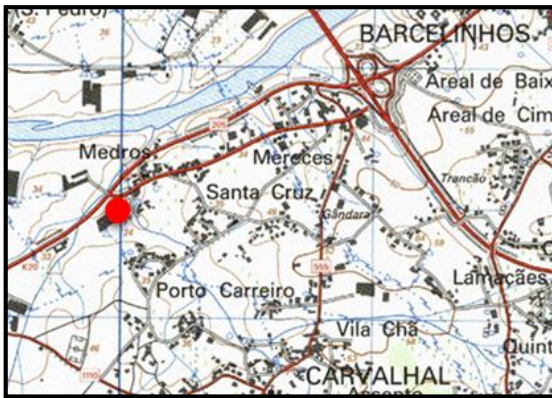


Fig.8b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.8c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 8d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado

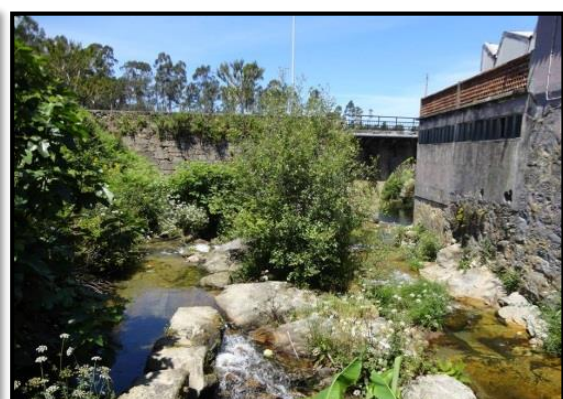


Fig. 8e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado



## Bacia de paisagem nº9/9: ETAR

Latitude: 41°31'12.09"N

Longitude: 8°39'02.50"W



Fig. 9a) Localização do ponto de análise da paisagem, no mapa da área de estudo, destacado a vermelho. Fonte: Google Earth



Fig.9b) Localização do ponto de análise da bacia de paisagem na carta militar nº 69.



Fig.9c) Área da bacia de paisagem analisada e ponto de observação. Fonte: Google Earth



Fig. 9d) Pormenor margem esquerda. Fonte: Rosa Machado



Fig.9e) Pormenor margem direita. Fonte: Rosa Machado

### 3.2.3. Análise da paisagem

A ficha utilizada para análise da paisagem começou a ser desenvolvida por (Fernandes, 2011), sendo posteriormente ajustada e aplicada também a outras teses de mestrado (Monteiro, 2013; Pinto, 2013) de forma a testarem a sua aplicabilidade e eficácia como método de avaliação visual expedito.

Ao longo desses trabalhos a ficha de análise da paisagem foi sofrendo os ajustes necessários para melhorar a qualidade da análise efetuada, sendo que atualmente tem o aspeto apresentado no anexo II.

A análise da paisagem fluvial incidiu essencialmente sobre três setores: o rio, a margem esquerda e a margem direita.

Em cada bacia de paisagem foram analisadas, para cada sector (rio e/ou afluente, margem esquerda, margem direita) a estrutura da paisagem e os serviços de ecossistema fornecidos pela mesma e, a presença de fatores de risco (lixeiros, zonas ardidadas, zonas de erosão e construções abandonadas). Todas as avaliações foram feitas em termos de presença/ausência ou grau de cobertura do solo.

Nas margens foi observado ainda o estado de conservação e qualidade do ripário através das variáveis de composição, continuidade e largura. Foi assinalada também a ocorrência de artificialização da margem e fontes pontuais de poluição.

O leito do rio foi analisado quanto à heterogeneidade do substrato e fluxo de água, presença de detritos e obstáculos transversais.

Foi analisada também a qualidade da água usando o critério de presença-ausência para as variáveis turvação, eutrofização (avaliada apenas macroscopicamente pela vegetação aquática, cheiro, vegetação exótica e cor).

### 3.2.4. Tratamento de dados

Devido à enorme quantidade de variáveis presentes na análise das bacias de paisagem foi necessário recorrer a uma análise multivariada de forma a perceber o melhor possível as suas relações, e para evitar ao máximo a perda de informação.

Para proceder à análise dos dados atribuiu-se em primeiro lugar um código a cada variável, como descrito no anexo III.

Posteriormente para facilitar a análise em termos de bacia-setor analisado-tipo de elemento da paisagem criou-se um código com esta ordem. Bacia corresponde ao número da bacia em questão, setor analisado pode ser margem esquerda (1), margem direita (2), rio (3) ou afluente (4). Como por exemplo, a bacia da foz do rio Côvo (B1),

margem esquerda, ripário tem o seguinte código 1-1-360. Os códigos de todos os elementos que foram submetidos a análise encontram-se descritos no anexo IV. Os dados de cada ponto e que foram submetidos a análise estão relatados no anexo V.

Previamente à aplicação dos métodos de análise estatística, foram retiradas da tabela de dados as variáveis que não apresentavam variação, ou seja, que para todos os pontos observados tinham, o mesmo valor.

O primeiro teste realizado, de modo a perceber as diferenças e semelhanças entre as variáveis, foi a análise das componentes principais (PCA). Em seguida, para determinar a relação entre as diferentes variáveis foi utilizado o teste não paramétrico de *Spearman's*.

Foi efetuada também uma análise de *clusters* usando o método UPGA e o coeficiente de correlação como medida de distância.

O *software* usado em todos os testes foi o PAST 3 (Hammer *et al.*, 2001).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE VARIÁVEIS

Na análise das componentes principais manteve-se 69,037% da informação como se pode ver na figura 17, onde as duas primeiras componentes de análise englobam, aproximadamente, 39% e 30% da informação. Este é um ótimo resultado pois conseguiu-se reduzir a perda de informação inerente à análise estatística.

Numa análise preliminar à correlação das variáveis analisadas (figuras 18 e 19), verificou-se que existem dois grupos de variáveis que se opõem. O primeiro grupo contém as margens (componentes do ripário, artificialização da margem e poluição pontual) e o segundo grupo inclui os serviços de ecossistema, o leito e a ocupação do solo na paisagem.

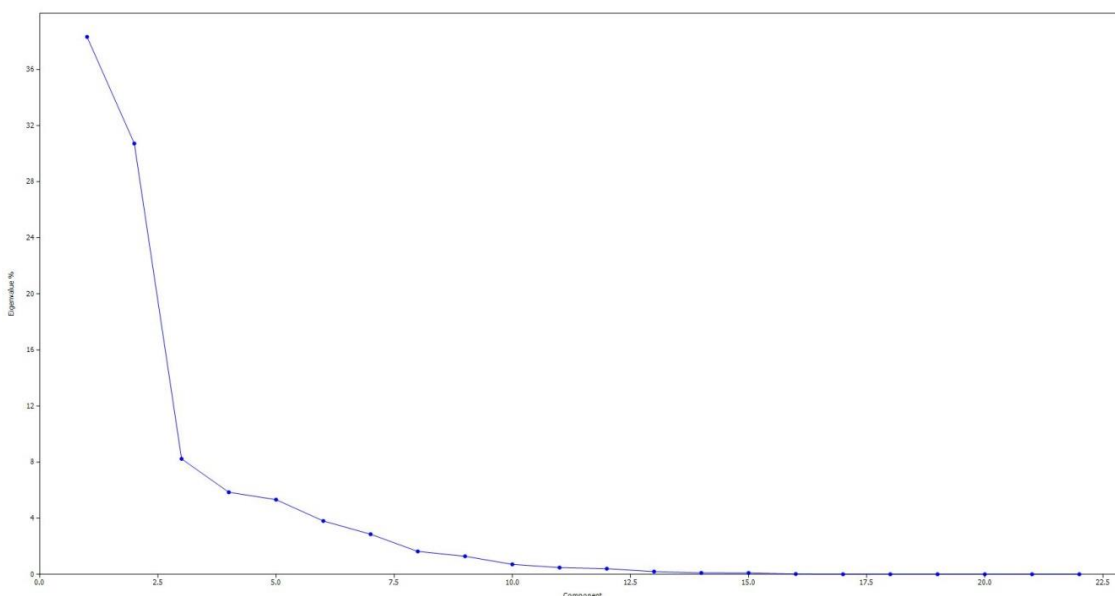


Fig. 17) Percentagem da variabilidade total do conjunto de dados, explicada por cada componente principal (*Scree plot*).

#### 4.1.1. Serviços de ecossistema

Pela análise estatística efetuada observa-se a existência de uma independência entre os serviços de ecossistema e as margens (figuras 18, 19, 20 e tabela 2), que poderá ser devida à enorme heterogeneidade de situações encontradas no terreno, que não permitiram estabelecer uma relação.

Os serviços de regulação e suporte (SEReSu) demonstram aumentar com os serviços de produção (SERPro), o que é lógico, pois num ecossistema em que o suporte para a biodiversidade e a regulação dos processos estão bem conservados, a produção

de benefícios será maior do que num ecossistema degradado (Alberti, 2010; UNEP, 2009b).

Os serviços de informação e cultural (SERInCul) têm uma correlação positiva com a densidade da matriz (DENSMat), com os serviços de produção (SERPro) e regulação e suporte (SEReSu). Quando uma paisagem está bem conservada, em termos de biodiversidade e usos do solo, o nível de apreciação pelo homem é mais elevado, bem como o bem-estar alcançado pelo mesmo (Alberti, 2010; Pereira *et al.*, 2004b). Ainda nos serviços de ecossistema observa-se uma correlação maior com as matrizes de paisagem do que com as manchas. Esta ligação deve-se à diferença de dimensão, pois as matrizes como elemento dominante na paisagem têm uma maior capacidade de fornecer serviços à população ao contrário das manchas que os fornecem, mas em menor quantidade.

Os serviços de regulação e suporte (SEReSu) e os serviços de informação e cultural (SERInCul) apresentam uma correlação negativa com a presença de zonas de erosão na paisagem, que são um fator de perturbação da integridade dos ecossistemas fluviais (Arizpe *et al.*, 2009; Rutherford *et al.*, 2000b).

Os serviços de informação e cultural (SERInCul) apresentam uma correlação positiva com algumas componentes do rio, como é o caso da heterogeneidade do fluxo (HETFlux) e substrato (HETSub). Além destas correlações positivas, estes serviços partilham com os serviços de regulação e suporte (SEReSu) uma relação positiva no que respeita à presença de obstáculos transversais (OBSTrans) no leito. Este resultado deve-se à menor eficácia da metodologia para avaliar os serviços dos ecossistemas no curso de água, do que nas margens e encostas, sendo este um aspeto a melhorar no futuro.

#### 4.1.2. Fatores de risco

Seguiu-se a análise dos fatores de risco que perturbam a qualidade do ecossistema fluvial, interpretando para isso os resultados das figuras 18 e 19 e a tabela 2.

A deposição de resíduos na paisagem (LIXEI) apresenta uma correlação positiva com a ocorrência de zonas de erosão (ZnEro) e a presença de poluição pontual (POLPont) nas margens. A deposição de resíduos na paisagem leva à destabilização do solo, e à destruição de vegetação existente, tornando o terreno vulnerável à ação erosiva da água das chuvas, o que leva ao arrastamento dos poluentes para o rio (Arizpe *et al.*, 2009; Revenga *et al.*, 2000).

A presença de construções abandonadas (ConsAb) na paisagem fluvial demonstrou acontecer quando a densidade da matriz (DENSMat) aumenta.

As zonas de erosão mostram uma correlação positiva com as componentes do ripário (RIPCont, RIPComp, RIPLar), que mais uma vez pode ocorrer devido à elevada heterogeneidade das áreas analisadas.

#### 4.1.3. Margens

A oposição que se verificou na análise preliminar entre as margens e o leito é revelada na tabela 2 como uma correlação negativa entre ambas. Quando ocorre uma alteração na heterogeneidade do substrato ou fluxo, as componentes do ripário sofrem uma alteração no sentido inverso. Isto é, por exemplo, quanto mais heterogêneos forem o fluxo e o substrato pior é a qualidade das componentes do ripário, pois não existe um equilíbrio, o que destabiliza o ecossistema fluvial, diretamente no ripário, por exemplo ao nível do substrato que o sustenta (Lovett e Price, 2007; Lovett, 1999).

Cruzando a interpretação da correlação das variáveis analisadas com as componentes principais (figuras 18 e 19), com a tabela de correlação de *Spearman* para as variáveis utilizadas, pode descrever-se a forma como a margem responde ao efeito de mudança em determinada variável.

A composição do ripário (RIPComp) revela aumentar com a sua continuidade (RIPCont), pois quanto maior a conservação do ripário maior é a possibilidade do desenvolvimento das espécies nativas.

A largura do ripário (RIPLar) está positivamente relacionada com a continuidade (RIPCont), e composição (RIPComp).

Verifica-se que a artificialização da margem (ARTMar) aumenta com a continuidade (RIPCont), composição (RIPComp) e largura do ripário (RIPLar).

#### 4.1.4. Leito

As relações encontradas nas variáveis correspondentes ao rio foram descritas através da interpretação da correlação das variáveis analisadas com as componentes principais (figuras 18 e 19), com a tabela de correlação de *Spearman* para as variáveis utilizadas.

Heterogeneidade do fluxo (HETFlux) aumenta com a heterogeneidade do substrato (HETSub), por exemplo se o fluxo aumenta, vai arrastar mais sedimentos o que vai provocar uma acumulação de finos no substrato.

Os detritos (DET) apresentam uma correlação positiva com a heterogeneidade do substrato e fluxo.

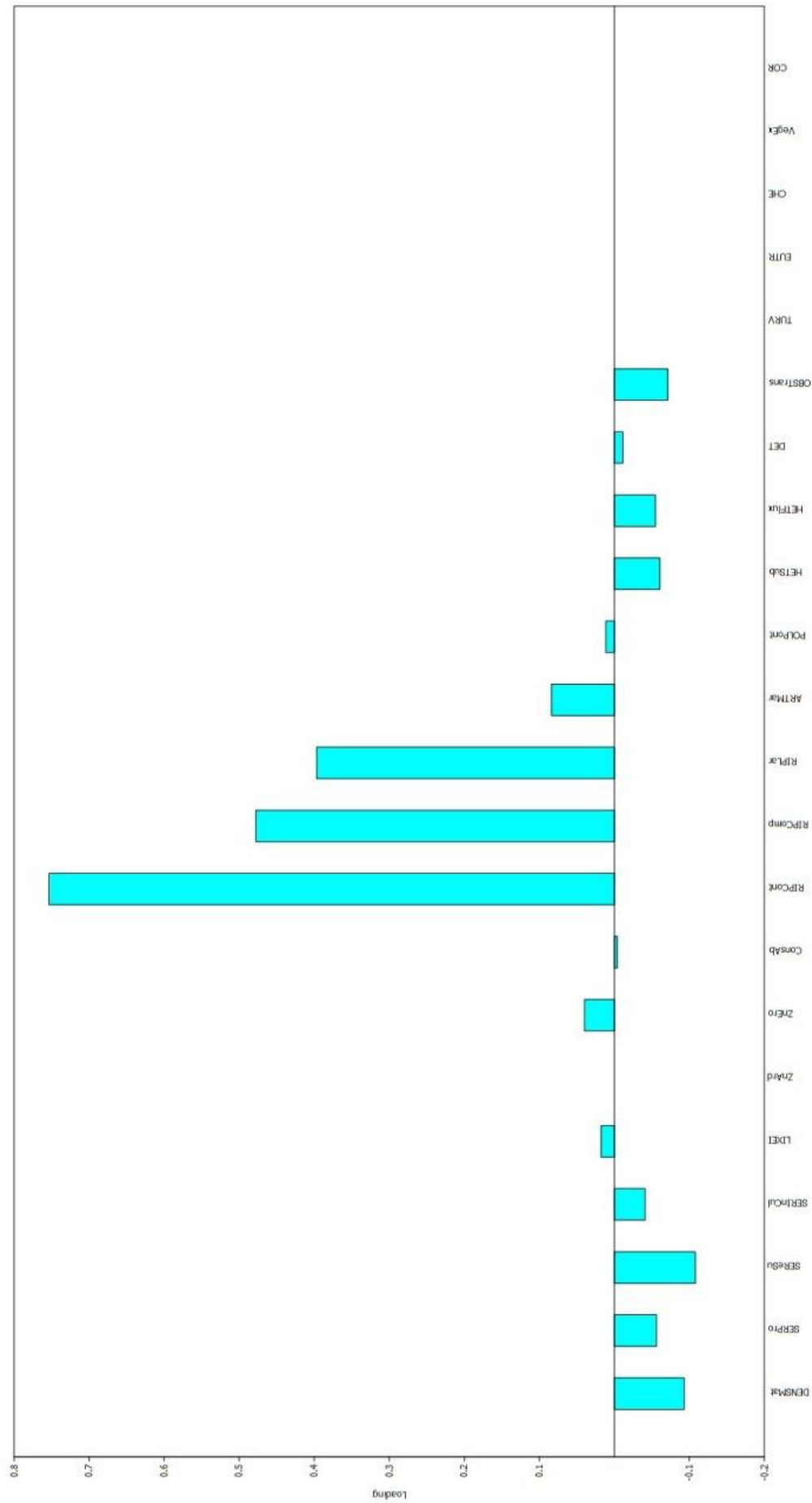


Fig. 18) Correlação das variáveis analisadas com a primeira componente principal

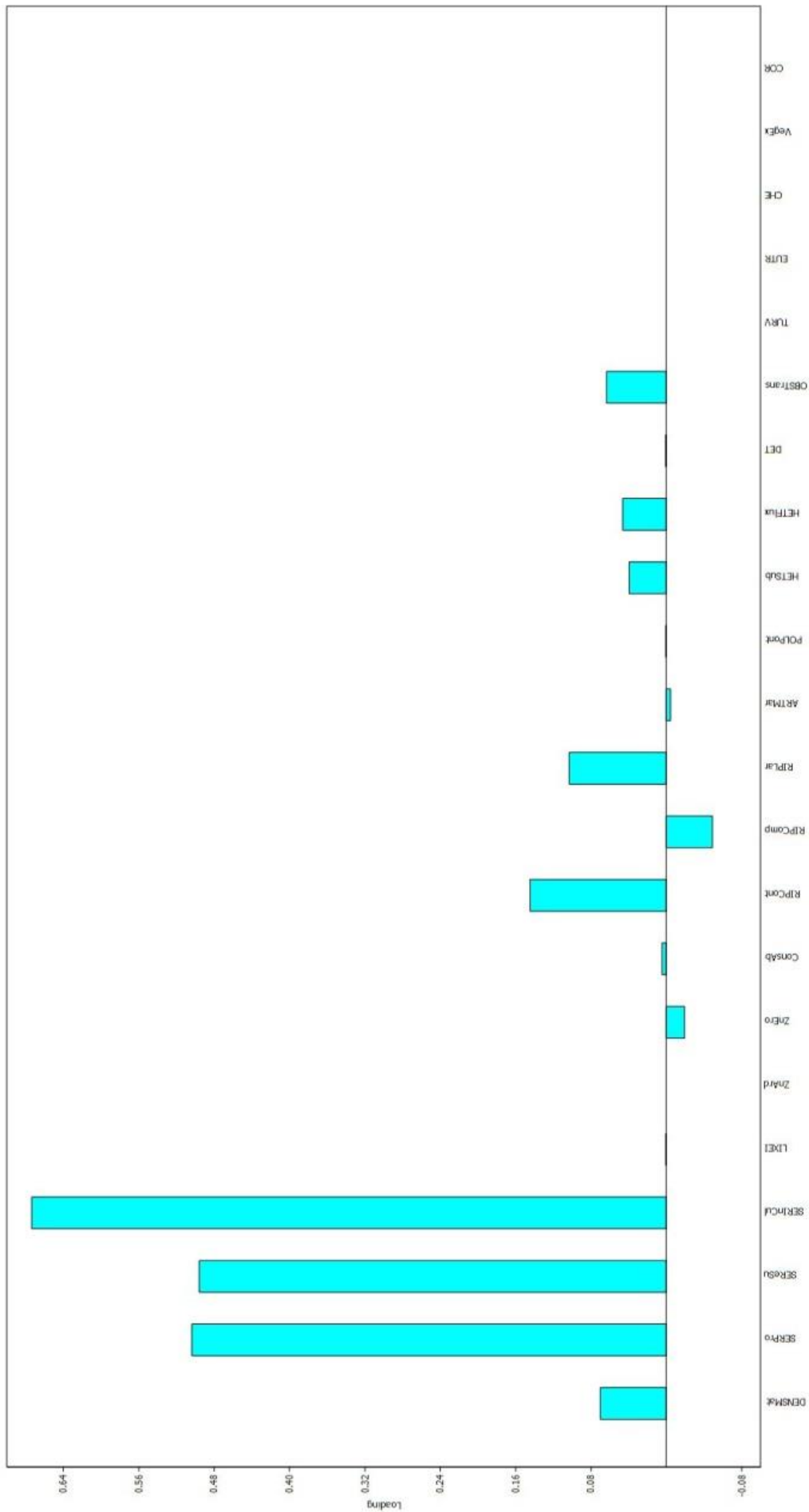


Fig. 19) Correlação das variáveis analisadas com a segunda componente principal

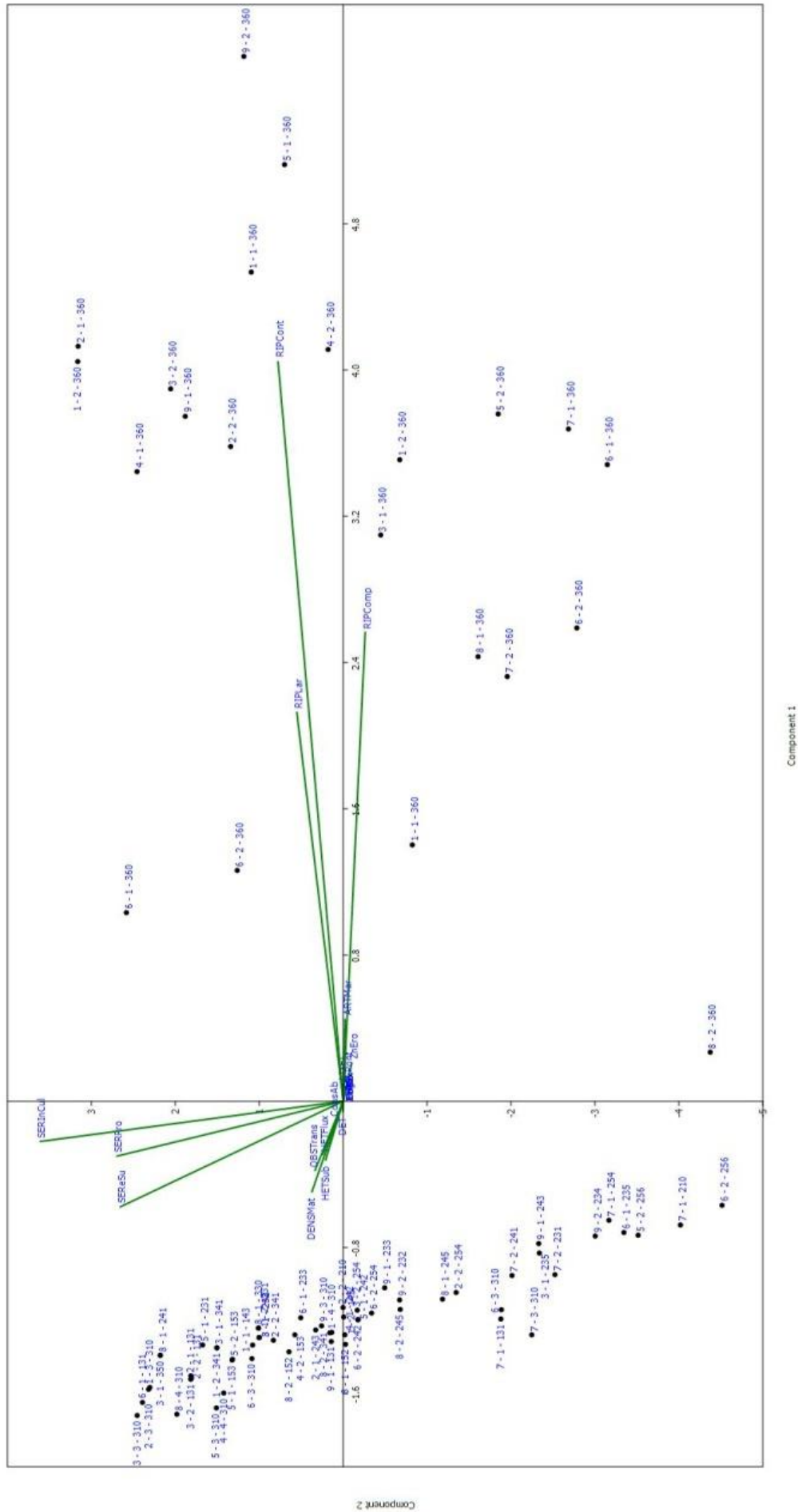


Fig. 20) Projecção no plano das duas primeiras componentes principais dos locais amostrados e das variáveis utilizadas na respetiva caracterização

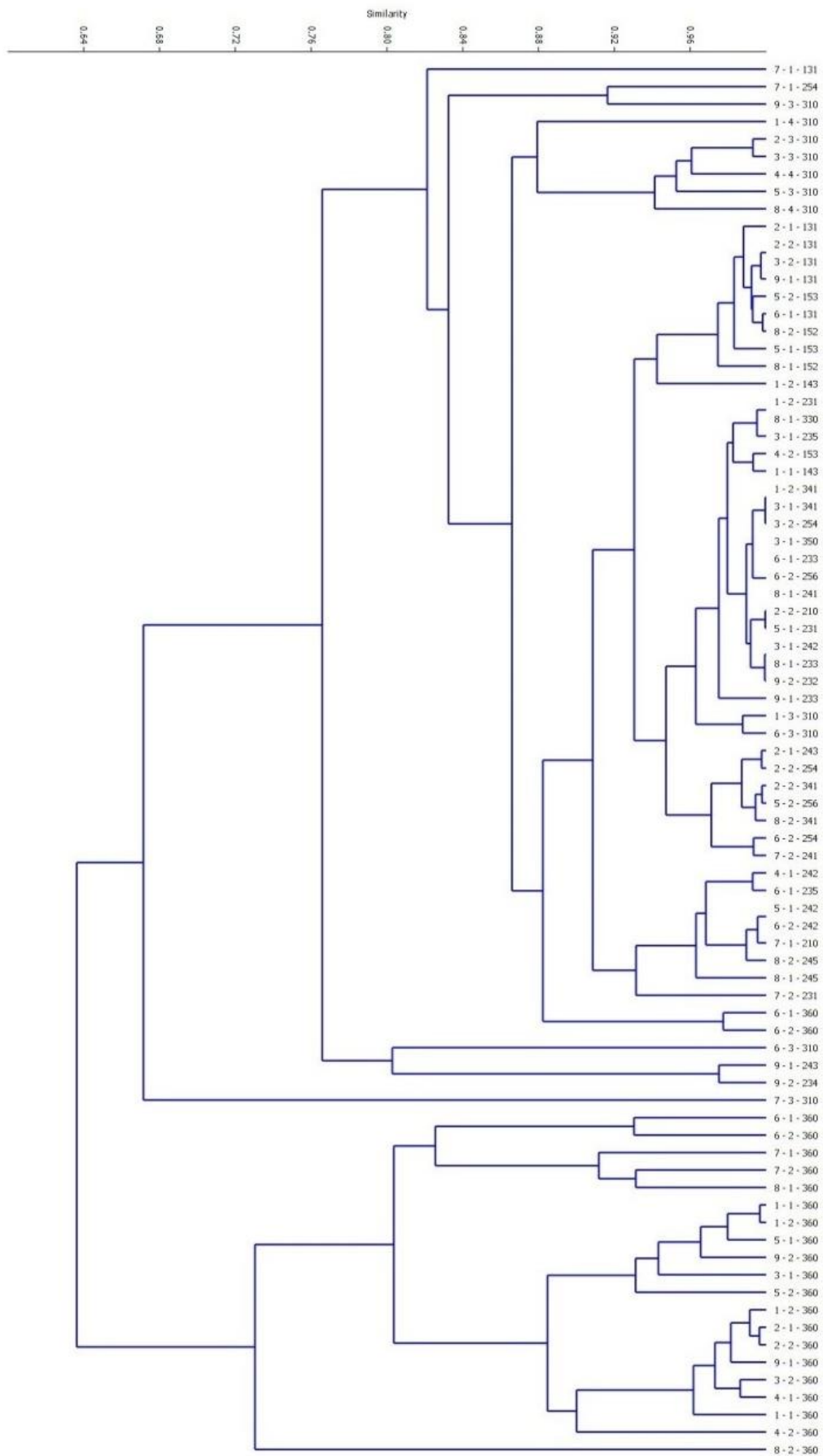


Fig. 21) Dendrograma agrupando os locais amostrados

Tabela 2: Correlação de Spearman entre as variáveis analisadas (triângulo superior - nível de significância; triângulo inferior - coeficiente de correlação)

	DENSMat	SERPro	SEReSu	SERInCul	LIXEI	ZnEro	ConsAb	RIPCont	RIPComp	RIPLar	ARTMar	POLPont	HETSub	HETFlux	DET	OBSTrans
DENSMat																
SERPro	0.14765															
SEReSu	0.56843	0.040155														
SERInCul	0.0001410	3.0234E-07	0.94828													
LIXEI	1.9759E-09	0.44257	0.91789	0.043193	0.19112	0.94956	0.69099	0.66587	0.8952	0.62757	0.029337	0.023713	0.92812	0.034131	0.62076	0.91372
ZnEro	0.095667	-0.0073686	-0.087057	-0.01171												
ConsAb	-0.086754	-0.10696	-0.25299	-0.22666	0.31597	0.845	0.0042561	0.0025672	0.014016	0.23137	1.2347E-08	0.4883	0.48759	0.73155	0.62082	0.77804
RIPCont	0.2625	0.03276	-0.0231	0.14768	-0.022208	-0.022204	0.54789	0.5596	0.5933	0.72425	0.91127	0.69309	0.69261	0.84498	0.77804	0.12619
RIPComp	-0.26639	-0.044994	-0.17151	0.0071853	0.19211	0.31632	-0.068181	9.1329E-41	4.4709E-46	9.4626E-09	0.043599	0.031026	0.030746	0.29058	0.13775	0.13747
RIPLar	-0.25865	-0.088238	-0.18613	-0.04513	0.17145	0.3327	-0.0662	0.94873	1.1955E-47	3.7566E-06	0.18966	0.036419	0.036107	0.30493	0.13775	0.13747
ARTMar	-0.25883	0.006924	-0.12892	0.049022	0.18264	0.27372	-0.066246	0.96279	0.96614	1.7033E-06	0.092661	0.036283	0.035972	0.30458	0.13747	0.13747
POLPont	-0.15651	-0.04962	-0.20847	-0.014962	0.13795	0.13532	-0.040057	0.58843	0.49102	0.50579	0.72425	0.2096	0.20886	0.53563	0.3713	0.3713
HETSub	-0.049457	0.03276	-0.1155	-0.055067	0.57	0.58471	-0.012658	0.22624	0.14816	0.18928	-0.040057	0.69309	0.69261	0.84498	0.77804	0.77804
HETFlux	-0.17507	0.050817	0.1853	0.24376	-0.078612	-0.078599	-0.044808	-0.24135	-0.23434	-0.2345	-0.1418	-0.044808	5.8809E-83	9.1461E-07	1.8306E-12	1.8306E-12
DET	-0.17536	0.047975	0.19756	0.25273	-0.07874	-0.078727	-0.044881	-0.24174	-0.23472	-0.23488	-0.14203	-0.044881	0.99585	1.1419E-06	5.3341E-14	5.3341E-14
OBSTrans	-0.086768	0.057475	-0.06154	0.010246	-0.038961	-0.038955	-0.022208	-0.11962	-0.11614	-0.11622	-0.070276	-0.022208	0.51693	0.513	0.10216	0.10216
	-0.12507	0.012307	0.25372	0.2372	-0.056158	-0.056148	-0.03201	-0.17241	-0.1674	-0.16752	-0.10129	-0.03201	0.68773	0.7198	0.18407	0.18407



A presença de obstáculos transversais (OBSTrans) aumenta com os serviços de regulação e suporte, com os de informação e cultura e com a heterogeneidade do substrato e fluxo.

#### 4.1.5. Estrutura da paisagem

Através da análise das figuras 20 e 21, conseguiu-se descrever e relacionar os elementos da paisagem presentes na área de estudo.

As florestas mistas autóctones (131) desenvolvem-se melhor em zonas menos industrializadas como é o caso das matrizes de aldeia (152) e vila (153), pois o aumento da urbanização leva à expansão de plantas invasoras o que se traduz numa diminuição da densidade de plantas nativas (Pennington *et al.*, 2010). Esta afirmação é reforçada também pelo desenvolvimento das florestas mistas autóctones (231) na proximidade de zonas rurais (caminho rural: 330) e monte (210).

Com grande relação entre si e desfasadas das outras componentes estão as manchas de agricultura intensiva (243) e eucaliptal (234). A agricultura intensiva altera fortemente a paisagem e a componente do solo e, o eucaliptal não fornece grandes serviços de ecossistema, podendo por isso ser considerados elementos perturbadores da integridade do ecossistema fluvial (Monteiro, 2013; Pinto, 2013; UNEP, 2009b).

A agricultura intensiva (243/143) apresenta uma grande correlação com a mancha de subúrbio urbano (254) e a matriz de vila (153), o que demonstra um serviço de produção para a população urbana (Pinto, 2013).

A agricultura extensiva (242) tem uma relação positiva com o elemento monte (210) e vários tipos de elementos de floresta (floresta degradado:235, floresta mista não autóctone:232 e pinhal:233).

Os corredores, como a via-férrea (350) estão normalmente localizados no subúrbio urbano (254). E as linhas elétricas que obrigam à existência de um corredor próprio também se encontram fixadas em locais afastados do centro urbano, como é o caso de subúrbio urbano (254) ou terrenos urbanos degradados (256).

#### 4.1.6. Ripário

Fazendo uma primeira análise dos códigos correspondentes aos ripários nas figuras 20 e 21, verifica-se que na primeira existe uma divisão essencialmente em 3 grupos e se à análise do diagrama se juntarem os dados da observação no terreno percebe-se que os que se situam acima do eixo, em geral, apresentam melhor qualidade que os que se encontram abaixo deste.

Fazendo em seguida uma análise mais pormenorizada e usando o cruzamento de toda a informação disponível, quer a análise estatística (figura 20 e 21) quer os dados de observação no terreno, conclui-se que podem ser definidas três classes de qualidade de ripários. Denominam-se as classes por boa, razoável e fraca, consoante o grau de qualidade do ripário analisado.

No grupo de qualidade boa encontram-se: a margem direita do rio Cávado na bacia de paisagem da foz do rio Côvo (1-2-360), as margens esquerda e direita no Açude (2-1-360 e 2-2-360), a margem direita na Ponte Ferroviária (3-2-360), a margem esquerda da Praia Fluvial (4-1-360), as margens esquerda e direita do rio Cávado na bacia de paisagem do rio da Vila (6-1-360 e 6-2-360) e a margem esquerda da ETAR (9-1-360).

Com classificação de qualidade razoável incluem-se: as margens esquerda e direita do rio Côvo (1-1-360 e 1-1-2-360), margem esquerda do rio Cávado na bacia de paisagem da foz do rio Côvo (1-1-360), a margem esquerda da Ponte Ferroviária (3-1-360), a margem esquerda da Ponte Medieval (5-1-360), a margem direita da Ponte Nova (7-2-360) e a margem direita da ETAR (9-2-360).

Por último, com a designação de qualidade do ripário fraca, apresentam-se: a margem direita da Praia Fluvial (4-2-360), as margens esquerda e direita do rio da Vila (6-1-360 e 6-2-360), a margem direita da Ponte Medieval (5-2-360), a margem esquerda da Ponte Nova (7-1-360 e) e a margem esquerda do rio de Lima (8-1-360). Na margem direita do rio de Lima (8-2-360) não existe ripário.

Esta análise dos grupos de ripário demonstrou que este agrupamento de qualidade está relacionado com o aumento da urbanização. Isto é, a qualidade do ripário diminui de montante para jusante do centro urbano. A montante do centro urbano (bacia 1, 2, 3) não temos ripários com classe fraca e a maioria tem qualidade boa, já a jusante (bacia 6,7,8) quase todos os ripários tem fraca qualidade. No centro urbano (bacia 4,5) só temos um ripário de boa qualidade e temos dois de qualidade fraca, e a qualidade dos ripários só volta a melhorar na bacia 9, já mais afastada da urbanização.

Analisando esta distribuição geográfica das classes de qualidade do ripário, pode-se afirmar que esta é negativamente influenciada pela pressão antrópica dos espaços urbanizados (Monteiro, 2013; Pinto, 2013).

## 4.2. ANÁLISE GERAL BACIAS DE PAISAGEM

Seguidamente, é efetuada uma descrição geral das bacias de paisagem estudadas, tendo em conta o tipo de uso do solo dominante, o estado de qualidade do ripário e os fatores de risco (LIXEI, ZnArd, ZnEro, ConsAb).

Na bacia 1, foz do rio Côvo, domina a agricultura intensiva em ambas as margens (1-1-143 e 1-2-143). Os ripários do rio Cávado encontram-se em estado de conservação de boa e razoável qualidades (margem direita e esquerda, respetivamente), enquanto os do rio Côvo apresentam qualidade razoável.

A bacia de paisagem do Açude (2) apresenta uma paisagem com dominância de florestas mistas autóctones (2-1-131 e 2-2-131) e ripários de boa qualidade. Ocorre a deposição de resíduos de construção e demolição no acesso à margem esquerda (2-1-131).

Na bacia 3, Ponte Ferroviária, em continuidade com a bacia de paisagem anterior observa-se a dominância de floresta mista autóctone na margem direita (3-2-131). Já na margem esquerda são apresentadas manchas de terreno florestal degradado (3-1-235) e de agricultura extensiva (3-1-242). O ripário da margem direita apresenta uma boa qualidade e o da margem esquerda qualidade razoável.

Já no centro urbano temos a bacia de paisagem 4, Praia Fluvial, que apresenta na sua margem direita a matriz de vila (4-2-153) e na margem esquerda dominância de agricultura extensiva (4-1-242). Na margem esquerda tem um ripário de boa qualidade, enquanto na margem direita a qualidade do ripário é fraca. Quanto a fatores de risco existe a deposição de resíduos de construção e demolição e erosão da margem, no ripário da margem direita (4-2-360).

Em seguida, apresenta-se a bacia de paisagem 5, Ponte Medieval, de características urbanas (vila) em ambas as margens (5-1-153 e 5-2-153). A qualidade do ripário nesta área é razoável quanto à margem esquerda e fraca no caso da margem direita. Na margem direita (5-2-360) encontra-se deposição de uma elevada quantidade de resíduos de origem doméstica.

Ainda no centro urbano observa-se a bacia de paisagem do rio da Vila (6) onde volta a reaparecer na paisagem a floresta mista autóctone, na margem esquerda (6-1-131). Já na margem direita são apresentadas as características mais urbanas, como é o caso de subúrbio urbano (6-2-254), mancha urbana degradada (6-2-256) e agricultura extensiva (6-2-242). O ripário nesta zona é de fraca qualidade no rio da Vila e de boa qualidade no rio Cávado. As margens do rio da Vila apresentam elevada erosão (6-1-360 e 6-2-360).

Mais a jusante do centro urbano, foi analisada a bacia de paisagem da Ponte Nova (7) que apresenta continuidade com a bacia anterior, pela presença dominante de floresta mista autóctone, na margem esquerda (7-1-131). Na margem direita ocorre também a presença de floresta mista autóctone (7-2-231) e agricultura de subsistência (7-2-241). O ripário é considerado de razoável e fraca qualidades, na margem direita e esquerda, respetivamente.

Como afluente do rio Cávado, foi analisado o rio de Lima, que apresenta grande influência antrópica pela presença dominante do elemento aldeia (8-1-152 e 8-2-152). O ripário é inexistente na margem direita e de fraca qualidade na margem esquerda.

Por último, e mais a jusante foi analisada a bacia de paisagem 9, ETAR, que em continuidade com as bacias 6 e 7 apresenta a dominância de floresta mista autóctone na margem esquerda (9-1-131). Na margem direita a dominância é de floresta mista não autóctone (9-2-232) e eucaliptal (9-2-234). Os ripários são de boa e razoável qualidades, nas margens esquerda e direita, respetivamente.

Com esta análise, verifica-se que nos pontos a montante do centro urbano (1,2,3) ocorre a predominância de matrizes de floresta mista autóctone, o que revela uma menor pressão antrópica nestas bacias de paisagem, resultando isso numa maior qualidade do ecossistema fluvial (Monteiro, 2013; Pinto, 2013).

No centro urbano (pontos 4 e 5), a urbanização atinge o seu máximo com a dominância de matrizes urbanas, alterações do uso do solo e consequentemente uma diminuição da qualidade do ecossistema fluvial devido ao défice de conservação dos ripários, artificialização de margens e deposição de resíduos.

Nos pontos a jusante do centro urbano (6,7,8,9) volta a aparecer a matriz de floresta mista autóctone, mas a pressão antrópica ainda continua elevada, nomeadamente ao nível de alteração do uso do solo para práticas agrícolas, desflorestação, destruição de ripários.

Conjugando estes dados da qualidade da paisagem com a qualidade dos ripários é possível estabelecer um gradiente espacial de qualidade do ecossistema fluvial. No centro da urbanização encontram-se os piores problemas de conservação da paisagem, sendo que à medida que nos afastamos para a periferia a qualidade melhora (Monteiro, 2013; Pinto, 2013).

Mas, além disto, é demonstrado que a pressão antrópica afeta fortemente o ecossistema fluvial a jusante dos centros de urbanização, sendo preciso percorrer um maior espaço geográfico para se voltar a encontrar o ecossistema em condições mais próximas do natural, do que o que acontece para montante onde a influência dessa pressão é menor.

Outro resultado apurado na análise de dados, é que a margem esquerda se encontra, em geral, melhor conservada que a direita, em termos de ocupação do solo onde exhibe uma predominância de matrizes de floresta mista autóctone e apresenta como maior pressão a atividade agrícola. No caso da margem direita, que faz fronteira com o centro urbano de Barcelos, a pressão antrópica é mais elevada devido à influência da urbanização, e alterações no uso do solo que resultam da atividade agrícola, destruição de ripários, plantação florestal.

## 4.3. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

### 4.3.1. Foz rio Côvo

O maior problema desta bacia de paisagem é a erosão da margem esquerda do rio Côvo (figura 22). Esta erosão resulta de práticas agrícolas inadequadas nos terrenos adjacentes, que não conservam um ripário capaz de estabilizar a margem (Arizpe *et al.*, 2009; Lovett e Price, 2007). Esta má gestão do terreno leva à constante erosão da margem e consequente perda do terreno disponível por parte dos proprietários (Araújo *et al.*, 2009; Valero *et al.*, 2014).



Fig. 22) Erosão da margem esquerda do rio Côvo. Fonte: Rosa Machado

De entre as várias técnicas existentes para a estabilização de margens, sugere-se para este local o uso de esteiras de ramos vegetativos (figura 23). Esta técnica aplica-se depois de remodelar a margem em questão, isto é, criar declive adequado para receber as estacas e cobrir a margem com gravilha ou cascalho para maior estabilidade. Em seguida, faz-se uma cobertura da margem com varas ou estacas vivas de espécies com capacidade de reprodução vegetativa (*Salix spp.*, *Tamarix spp.*). As varas ou estacas são colocadas perpendicularmente à corrente do rio e com a extremidade mais grossa submersa. Pode ser necessário colocar blocos de pedras na base da margem para melhor sustentação. Depois de colocadas, as varas ou estacas tem de ser fixadas, recorrendo para isso a arame tensionado entre varas metálicas ou estacas vivas ou mortas. Para finalizar cobrem-se as varas ou estacas com uma camada fina de solo (Arizpe *et al.*, 2009).

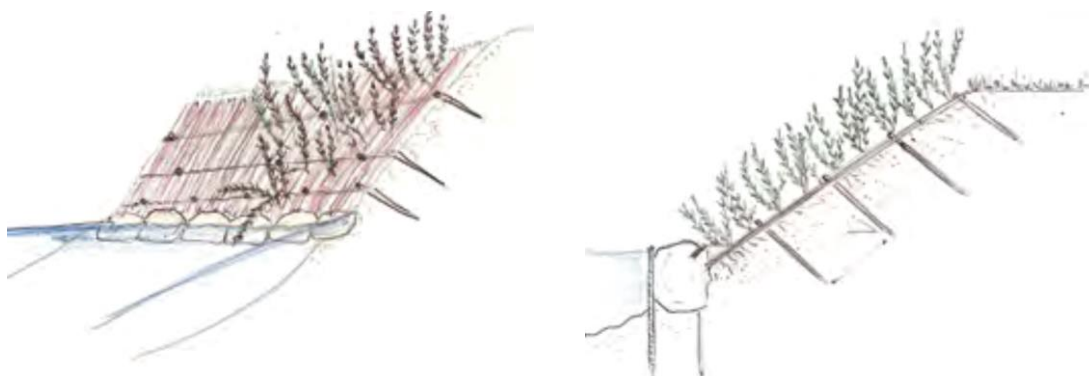


Fig. 23) Vista frontal e lateral de uma margem coberta com esteiras de ramos vegetativos. Fonte: (Arizpe *et al.*, 2009)

Esta técnica proporciona uma proteção contínua e flexível da margem, e favorece o desenvolvimento da vegetação no terreno e estrato arbóreo que é importante neste ponto devido à elevada fragmentação do ripário. É necessário recorrer a uma restauração ativa do ripário na margem esquerda do rio Côvo, pois o problema mais iminente é a falta de estrato arbóreo e arbustivo (Morrison e Lindell, 2010; Price e Lovett, 1999). Esta combinação de vegetação é o ideal pois tendo as árvores com raízes mais profundas na parte superior da margem e sistemas arbustivos ou árvores de raízes mais finas a revestir a parte mais inferior da margem, o colapso da margem está salvaguardado (Cambridge, 2002; Clancy *et al.*, 2011; Price e Lovett, 1999). Como esta zona já tem estrato herbáceo e as estacarias vão fornecer o estrato arbustivo, só é necessário proceder à plantação de árvores. O principal ponto a ter em atenção é a escolha de espécies nativas para que seja mantida a integridade genética e a biodiversidade da zona restaurada (Arizpe *et al.*, 2009; Clancy *et al.*, 2011; WRC, 1999). Sendo assim sugere-se a plantação de *Fraxinus angustifolia* (Freixo), que é uma espécie que suporta grandes períodos de seca, sendo por isso uma boa escolha para um pequeno troço como este e que pode ter caudais muito baixos no Verão (Aguar, 2004; Duarte e Moreira, 2009). Para criar mais diversidade deve intercalar-se pelo menos mais uma espécie, por exemplo *Salix atrocinerea* (Salgueiro preto). A plantação deve ser feita ligeiramente afastada da margem, pois uma perturbação na zona de instabilidade poderia provocar o colapso de parte da margem.

Na margem direita o ripário encontra-se ligeiramente fragmentado, mas não é necessário uma intervenção ativa, devendo-se fazer sim a remoção da vegetação atípica por fases, para não deixar a margem totalmente destabilizada e dar tempo ao estabelecimento e crescimento de vegetação típica.

No leito do rio Côvo deve proceder-se à remoção de resíduos de origem doméstica para melhorar a qualidade ecológica do canal.

Quanto ao troço do rio Cávado nesta bacia de paisagem encontra-se bem conservado e deve apenas proceder-se à remoção de alguma vegetação exótica

presente na margem esquerda, mas só depois do estabelecimento do ripário no afluente, de modo a não criar muitas perturbações simultâneas no ecossistema.

Este é um ponto de intervenção prioritária, devido ao enorme conjunto de perturbações a que está sujeito e, como prevenção da destabilização dos pontos a jusante.

Para que a restauração seja bem sucedida é de elevada importância a implementação de um plano de monitorização. Neste ponto é necessário monitorizar o desenvolvimento e fixação do ripário, controlando a invasão por espécies atípicas e/ou exóticas. Para isso, deve restringir-se o acesso aos locais fragilizados como forma de prevenir a destabilização das margens ou acumulação de resíduos.

#### 4.3.2. Açude

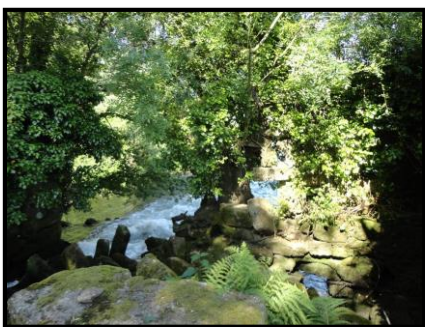


Fig. 24) Fragmentação do ripário na margem direita devido ao acesso ao açude. Fonte: Rosa Machado

A bacia de paisagem neste local está num bom nível de conservação ecológica. O ripário sofre apenas fragmentação pontual na margem direita por causa do acesso ao açude (figura 24), mas na sua restante extensão não apresenta problemas de continuidade ou composição.

Pode ser sugerida apenas uma melhor conservação do acesso à margem direita, pois foram encontrados alguns resíduos de construção e demolição (RCD's).

Este local não é de intervenção prioritária, pela boa qualidade ecológica que apresenta, sendo no entanto importante proceder à monitorização no que diz respeito à fragmentação do ripário e ao controlo da deposição de resíduos nos terrenos envolventes.

#### 4.3.3. Ponte Ferroviária

A intervenção neste local deve ser feita no ripário esquerdo, que está fragmentado e contém espécies atípicas. Em primeiro lugar deve ser efetuada a limpeza de resíduos que não pertencem ao ambiente ribeirinho (figura 25). Em seguida deve ser removida a vegetação atípica e condicionar o acesso às zonas mais fragilizadas da galeria ripícola, de maneira a que o estabelecimento



Fig. 25) Fragmentação do ripário e acumulação de resíduos. Fonte: Rosa Machado



de vegetação nativa possa acontecer naturalmente, sem sofrer grandes impactes de ação humana ou animais (Arizpe *et al.*, 2009; Price e Lovett, 1999; WRC, 1999).

Esta bacia de paisagem necessita de uma intervenção a curto prazo devido aos impactes a que está sujeita.

Finalizada a intervenção restaurativa é essencial monitorizar o ripário, controlando a invasão por espécies atípicas e regular o acesso de viaturas à zona marginal.

#### 4.3.4. Praia Fluvial

O problema mais urgente desta bacia de paisagem é a perda de vegetação ripária na margem direita do rio Cávado, na frente da zona ribeirinha (figura 26, esquerda), e a sua não substituição. Desse modo é necessário fazer uma restauração ativa, pois a falta de vegetação ripária conjugada com a impermeabilização do solo, pode levar à erosão e posterior colapso da margem, como acontece numa das partes deste ripário (Alberti *et al.*, 2007).



Fig. 26) Fragmentação do ripário (esquerda), derrocada na margem (centro) e descarga de efluentes na margem (direita). Fonte: Rosa Machado

No local da derrocada da margem direita (figura 26, centro) antes da restauração ativa do ripário, é necessário efetuar a estabilização da margem, para se evitar uma maior erosão (Morrison e Lindell, 2010; Price e Lovett, 1999).

Para começar, é necessário remover os resíduos resultantes da derrocada e modelar a margem de modo a estabilizá-la, para proceder à aplicação da técnica de

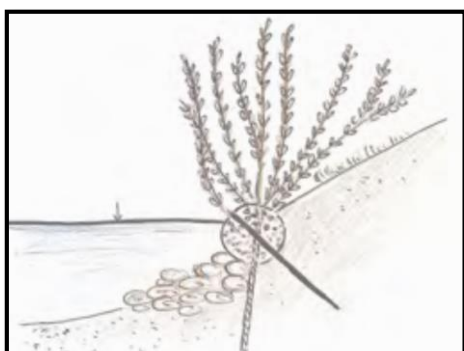


Fig. 27) Visão lateral de faxinas vivas numa margem. Fonte: (Arizpe *et al.*, 2009)

faxinas vivas (FISRWG, 1998; Rutherford *et al.*, 2000c; WRC, 1999). Formam-se feixes cilíndricos com ramos flexíveis de espécies lenhosas com capacidade vegetativa (*Salix* spp., *Tamarix* spp.). Os feixes têm diâmetro entre 30 e 50 cm e comprimento de 3 a 4 metros, sendo atados com arame a cada 50 cm. Como se pode ver na figura 27, é necessário abrir uma vala para enterrar a faxina, tendo em conta que  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{3}$  fique à altura do nível médio da água. Para sustentar as faxinas efetua-se a fixação com estacas. Para uma melhor sustentação da margem é ideal colocar pedras na base da faxina.

Em relação à fragmentação do ripário nesta margem, deve-se proceder à plantação de arbustos (*Frangula alnus*: amieiro negro; *Salix atrocinerea*: Salgueiro preto) e árvores (*Alnus glutinosa*: Amieiro; *Populus nigra*: Choupo negro) nas zonas onde não existe vegetação. É sugerido um modelo de plantação na figura 28.

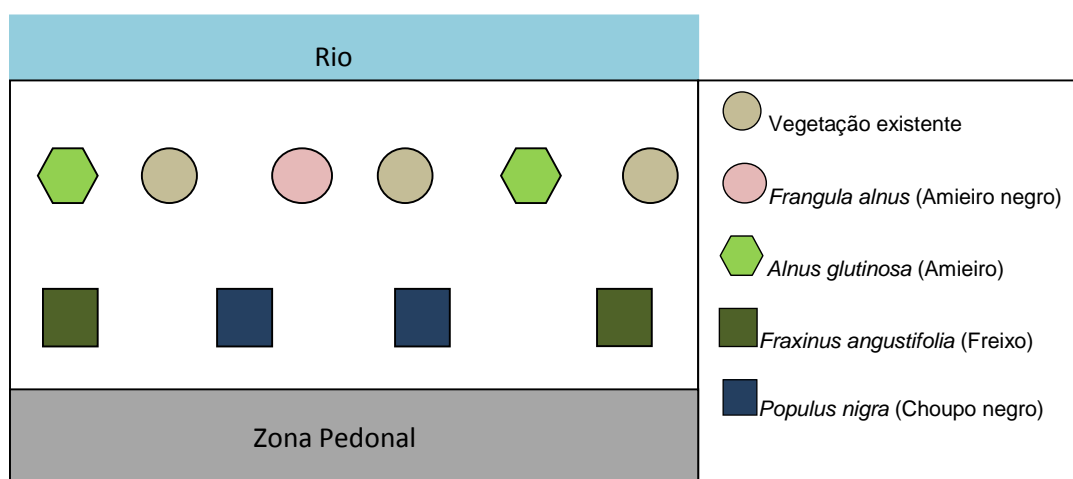


Fig. 28) Proposta de módulo de restauração da vegetação ripícola. Fonte: Rosa Machado

Outro problema importante desta bacia de paisagem é a descarga de efluentes que se visualizou neste ponto (figura 26,direita), e, que como neste estudo não foi analisada a composição das mesmas, sugere-se a sua fiscalização e controlo de modo a não causar impactes no ecossistema.

Na margem esquerda, verificou-se grande afluência de viaturas automóveis ao areal. Este acesso deve ser controlado e reduzido ao máximo, pois a presença constante de viaturas a circular no areal provoca a sua desintegração, tornando-o mais vulnerável em episódios de cheias.

Devido à enorme quantidade de fatores de perturbação da integridade do ecossistema neste local é necessário intervir a curto prazo, de modo a melhorar a qualidade ecológica do mesmo.

Em termos de monitorização ecológica é imprescindível um acompanhamento regular do desenvolvimento do ripário (controlo de invasão por espécies atípicas e/ou exóticas, renovação de espécies que não se adaptaram, controlo do acesso ao local, entre outros) para que a sua fixação ocorra com sucesso.

#### 4.3.5. Ponte Medieval

Nesta zona é urgente proceder à remoção de resíduos, reabilitação do terreno marginal direito, e restauração do ripário, na zona onde fizemos a observação da bacia de paisagem (figura 29).

A restauração do ripário nesta zona tem de ser ativa, pois o espaço está bastante debilitado. Para começar o terreno tem de ser preparado de maneira a facilitar a germinação de sementes ou o enraizamento de plântulas a instalar (Arizpe *et al.*, 2009; WRC, 1999). É necessário fazer remoção da grande quantidade de resíduos (essencialmente de origem doméstica) presentes em todo o terreno marginal e remover as espécies atípicas presentes no mesmo.

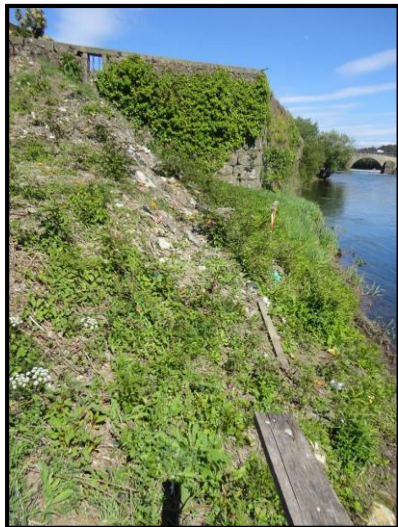


Fig. 29) Deposição de resíduos e má conservação do terreno marginal direito.  
Fonte: Rosa Machado



Fig. 30) Conservação do estrato herbáceo. Fonte: Rosa Machado

Seguidamente, é útil definir um modelo para estabelecimento da vegetação. É necessário privilegiar a alternância de zonas ensombradas com zonas onde o sol atinja a massa de água. A faixa ripícola deve ser suficientemente larga de modo a garantir a proteção da margem. Como critério geral pode definir-se que a largura da faixa deve ser pelo menos igual à da linha de água e nunca inferior a 5 metros (Arizpe *et al.*, 2009). Um dos aspetos mais importantes a considerar na recuperação das comunidades de plantas ripícolas é a seleção das espécies a utilizar, de modo a garantir o sucesso da

sua instalação e minimizar impactes no ambiente. Para isso devem usar-se, como já referido anteriormente, plantas autóctones (Arizpe *et al.*, 2009; WRC, 1999). O uso de plantas autóctones é importante pois as aves e outros animais que normalmente fazem uso do corredor ripário vão transportar sementes e material vegetal para outros cursos de água, o que é um auxílio não apenas ao nível do curso de água mas sim da paisagem. Idealmente, a banda ripícola deve ser constituída por 3 zonas distintas, tendo em conta a sua eficácia, principalmente para o controlo da poluição difusa, da redução do escoamento superficial. As três zonas incluem, do rio para a margem, uma zona de revestimento arbustivo, uma zona arbórea e uma zona de revestimento herbáceo.

Como nas zonas adjacentes ao terreno fragilizado existe um bom estrato herbáceo (figura 30) podemos não atuar a esse nível e deixar que ele colonize naturalmente depois de removidos os fatores de perturbação (resíduos).

Deste modo é sugerido um módulo de plantação de arbustos e árvores, apresentado na figura 31, o qual não é obrigatório de seguir exatamente como apresentado, tendo apenas de respeitar a alternância de espécies para garantir variedade, espécies de maior porte e com sistema radicular mais profundo mais afastadas do leito de modo a estabilizar o terreno, e na zona mais próxima do leito mistura de árvores, arbustos e vegetação herbácea de modo a reduzir o escoamento.

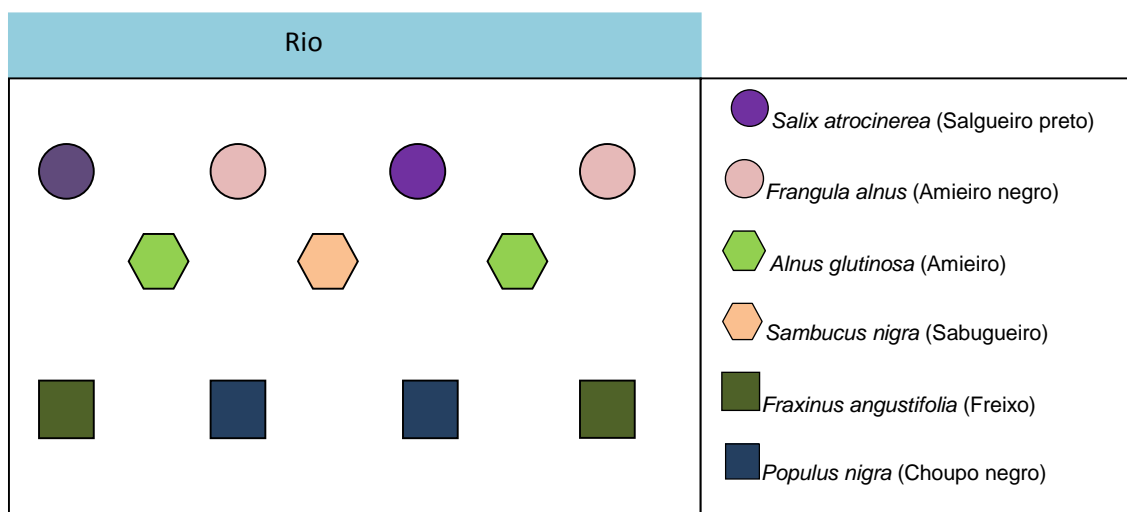


Fig.31) Proposta de módulo de restauração da vegetação ripícola. Fonte: Rosa Machado

Na margem esquerda, seria adequado proceder à remoção das espécies exóticas e deixar que o ecossistema volte ao estado natural, recompondo a galeria ripícola em falta (Morrison e Lindell, 2010; Price e Lovett, 1999).

Esta bacia de paisagem necessita de intervenção a curto prazo, de modo a garantir o restauro da sua qualidade ecológica. Para isso, é de extrema importância a fase posterior à intervenção propriamente dita, sendo essencial a monitorização do desenvolvimento do ripário de forma a eliminar fatores de perturbação.

#### 4.3.6. Rio da Vila

Começando pelo afluente, tem o mesmo problema do rio Côvo que é a erosão das margens devido à má gestão dos terrenos agrícolas (figura 32), sendo que neste caso o nível de erosão da margem e destruição do ripário é bem mais elevado (Lovett, 1999; Valero *et al.*, 2014). A presença de ripário é essencial para a estabilidade das margens, pois faz o suporte do solo, evitando a elevada erosão das margens e consequente colapso (Arizpe *et al.*, 2009; Clancy *et al.*, 2011; Lovett, 1999).

Devido à enorme derrocada da margem que se visualiza na figura 32, sugere-se uma intervenção de emergência para evitar que esta se desintegre mais, colocando pedras na base da mesma. Como é um canal de pequena dimensão e as margens já se encontram muito fragilizadas, a intervenção ao nível da sua estabilização tem de criar o menor impacto possível, por este motivo, a técnica a aplicar neste local pode ser o uso de esteiras de ramos vegetativos (Arizpe *et al.*, 2009), como usado e descrito para o ponto do rio Côvo. Antes da intervenção é fundamental a limpeza do terreno, remoção das espécies atípicas e modelação a margem para receber as esteiras.

Devido à condição débil do ripário nesta área, é necessário proceder a uma restauração ativa do mesmo (Morrison e Lindell, 2010; Price e Lovett, 1999). Pode sugerir-se um módulo de plantação, igual ao usado na margem direita da ponte medieval, pois a vegetação ripícola nativa é igual. Junto ao leito colocam-se as espécies que tem maiores necessidades hídricas (salgueiros, amieiros) e mais afastadas as que tem menores (freixos, ulmeiros) (Aguiar, 2004; Arizpe *et al.*, 2009; Duarte e Moreira, 2009). E depois do estrato arbóreo é essencial a restauração do estrato herbáceo que quase não existe. O estrato herbáceo pode ser restaurado pela técnica de sementeira direta (Price e Lovett, 1999; WRC, 1999).

Ainda do rio da Vila é necessário remover e controlar a deposição de os detritos de origem doméstica no leito (figura 33) e fiscalizar e controlar as descargas de efluentes (figura 34), para manter o ecossistema saudável.

No rio Cávado, nesta zona não é necessário grande tipo de intervenção pois encontra-se em bom estado de conservação ecológica, devendo simplesmente fazer-se monitorização, retirando as espécies atípicas que por exemplo se encontram no ripário direito (Lovett e Price, 2007) .

Uma sugestão para esta zona é o aproveitamento do terreno marginal direito, que atualmente não faz deste local um sítio aprazível devido à enorme quantidade de acumulação de detritos de biomassa florestal (figura 35). Este local não pode ser simplesmente um depósito, deveria ser efetuado um estudo de potencial



aproveitamento para este espaço. Este terreno marginal poderia ser transformado num parque recreativo e de natureza educativa, em termos ambientais.

Como este local apresenta uma enorme quantidade de perturbações (erosão das margens, presença de detritos no leito, fragmentação do ripário, entre outros) é urgente aplicar medidas de restauração fluvial, a curto prazo. Igualmente importante é monitorizar o local, neste caso através do acompanhamento do desenvolvimento do ripário no rio da Vila e, para que essa fixação ocorra com sucesso seria adequado informar os proprietários dos terrenos agrícolas adjacentes das melhores práticas agrícolas a adotar, as quais seriam benéficas para ambas as partes. Para garantir o sucesso deste processo restaurativo é aconselhada a vedação do local, pelo menos até que este esteja ecologicamente recuperado.



Fig. 32) Erosão marginal, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

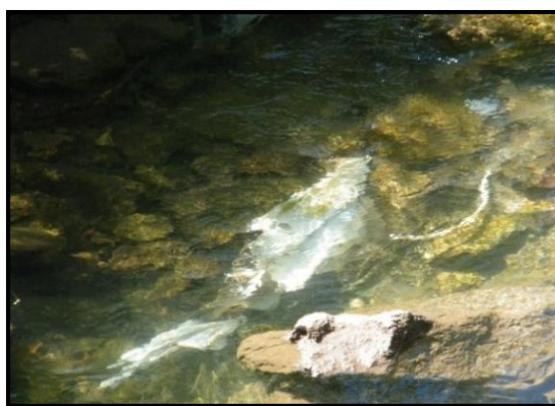


Fig. 33) Detritos de origem doméstica, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado



Fig. 34) Descarga não identificada, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado



Fig. 35) Deposição de resíduos no terreno marginal, rio da Vila. Fonte: Rosa Machado

#### 4.3.7. Ponte Nova

Esta bacia sofreu graves danos com a recente desflorestação na margem esquerda (figura 36), sem ter havido qualquer tipo de cuidado em relação ao ripário que já estava muito debilitado (figura 36 e 37).

Esta margem encontra-se assim altamente destabilizada e com a encosta sem fixação, a probabilidade de erosão e movimento de massas de terra é maior. É urgente reforçar o ripário nesta zona para manter a estabilidade da margem.



Fig. 36) Desflorestação do terreno marginal e fragmentação da zona ripícola. Fonte: Rosa Machado

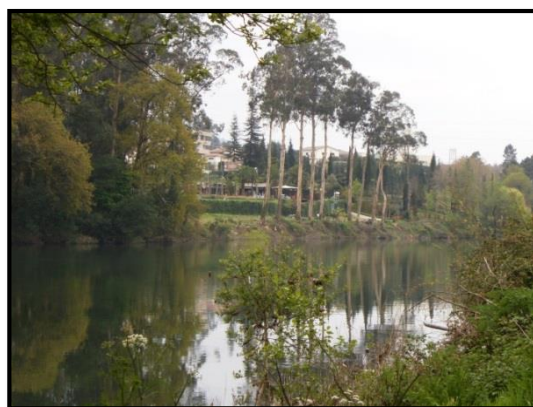


Fig. 37) Fragmentação da zona ripícola. Fonte: Rosa Machado

Uma restauração passiva não chega para este local, sendo necessária uma intervenção mais direta (Morrison e Lindell, 2010; Price e Lovett, 1999). Esta margem tem como ponto negativo também a presença de vegetação exótica, mas devido à falta de estabilizadores da margem não se deve proceder já à sua remoção, mas apenas depois de um ripário minimamente estabelecido.

Na preparação do terreno é imprescindível reduzir ao máximo as movimentações do solo, para se evitarem perdas do mesmo (Arizpe *et al.*, 2009; WRC, 1999), sendo aconselhável intervir ao nível de estabilização da encosta (por exemplo com deposição de gravilha, cascalho) para interromper a erosão acelerada que está a ocorrer devido à elevada exposição do solo à chuva e vento. Para proceder à restauração da galeria ripícola sugere-se um modelo (figura 38), como já feito em casos anteriores, sendo que aqui tem de ser adaptado ao que existe no local que em maioria são eucaliptos. Como já dito nos casos anteriores, estes módulos são flexíveis, devendo ser adaptados às condições do terreno.

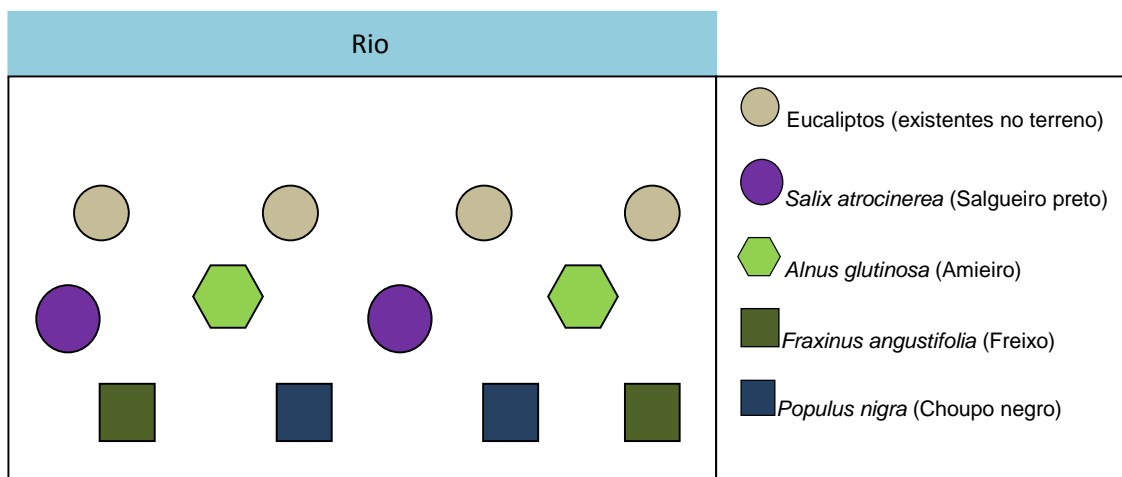


Fig.38) Proposta de módulo de restauração da vegetação ripícola. Fonte: Rosa Machado

Na margem direita existem alguns pontos mínimos de fragmentação que podem ser resolvidos diminuindo os efeitos perturbadores, como a ação humana ou presença de espécies atípicas.

Este local é de intervenção prioritária, devido à elevada destabilização da margem esquerda. A monitorização deve ter em conta o aumento da estabilidade da margem esquerda e o desenvolvimento do ripário com espécies autóctones.

#### 4.3.8. Rio de Lima

Esta bacia de paisagem está alterada pela pressão antrópica (figura 39), sendo muito difícil poder melhorar alguns aspetos, como é o caso da restauração do ripário na margem direita que é inexistente (figura 40). É impossível criar um ripário aqui devido à existência das habitações adjacentes ao leito. A intervenção restaurativa neste local deve ser feita depois de serem efetuadas as intervenções mais prioritárias a curto prazo, pois os problemas deste local não são elevados, sendo que o mais importante é monitorizar a margem esquerda ao nível do ripário aí existente.



Fig.39) Pormenor do açude, rio Lima. Fonte: Rosa Machado



Fig.40) Ausência de ripário margem direita, rio Lima. Fonte: Rosa Machado



#### 4.3.9. ETAR

Esta bacia de paisagem encontra-se muito bem conservada tanto ao nível do leito como das margens. Os ripários não apresentam fragmentação em toda a sua extensão, o que é um ótimo aspeto para a valorização e integridade do ecossistema, a vegetação que apresentam é em geral a vegetação típica, existindo apenas alguma vegetação exótica na margem direita (figura 41). Tal como o caso anterior, este local deve ser intervencionado apenas a médio prazo, pois encontra-se em muito bom estado de qualidade ecológica. Contudo, é importante uma monitorização regular para eliminar perturbações e manter a integridade ecológica.



Fig.41) Presença de vegetação exótica. Fonte: Rosa Machado

## 5. CONCLUSÃO

A utilização de um protocolo visual expedito para avaliar a qualidade de paisagens fluviais em zonas urbanas mostrou-se uma ferramenta eficaz neste trabalho, permitindo perceber a distribuição e conexão dos diferentes tipos de elementos de paisagem, da distribuição das populações, bem como das fragilidades e pressões que o ecossistema fluvial em causa apresenta.

A fragmentação de ripários e consequente erosão das margens do rio foi dos fatores de perturbação do ecossistema mais visualizados. A destruição dos ripários através da remoção de vegetação e sua não substituição ou pela adoção de práticas agrícolas inadequadas levam à destabilização do solo nas margens, o que o torna vulnerável à ação erosiva da corrente fluvial. Ainda em relação à vegetação ripária constatou-se a falta de atividades de monitorização, devido à invasão do terreno por espécies atípicas e/ou exóticas, em determinados pontos.

A deposição de resíduos nos terrenos adjacentes ao canal fluvial foi outro dos problemas observados, o que leva à desintegração do solo e diminuição da qualidade da água.

Em termos de estrutura da paisagem, a prática de agricultura intensiva e as florestas de eucalipto mostraram ser agentes de perturbação da integridade ecológica das bacias de paisagem em que ocorrem.

Contudo, também foram analisados aspetos positivos, como é o caso da abundância de floresta mista autóctone, presente em grande parte do troço analisado, sendo que só é afetada quando aumenta a pressão antrópica.

A pressão antrópica revelou-se como enfraquecedora da qualidade do ecossistema fluvial, devido a más práticas, falta de consciência e informação ambiental. O uso inadequado de terrenos agrícolas, a destruição de ripários, a impermeabilização e artificialização de zonas marginais levam ao aumento de problemas de erosão e colapso das margens.

Determinou-se um gradiente geográfico de qualidade do ecossistema fluvial que atinge o pior nível no centro urbano e vai melhorando à medida que se afasta dele. A influência da pressão antrópica do centro urbano tem efeitos mais graves na qualidade do ecossistema a jusante, sendo que é necessário percorrer uma maior distância para se observar um ecossistema próximo das condições naturais.

Os resultados obtidos mostraram que a metodologia utilizada se demonstrou menos eficaz a avaliar os serviços de ecossistema no curso de água do que nas margens e encostas, pelo que este deverá ser um aspeto a melhorar no futuro.

Para finalizar o trabalho, foi indicado um conjunto de propostas de intervenção e conjuntamente uma escala de prioridades de intervenção de modo a facilitar a ação das entidades competentes pela gestão do ecossistema fluvial do rio Cávado, na zona de Barcelos.

Para que o processo de restauração da qualidade ecológica do rio Cávado, no troço analisado, tenha sucesso é importante efetuar monitorização regular. Desse modo, será possível existir um ecossistema fluvial, de características urbanas, de grande qualidade em termos ecológicos e com a capacidade de providenciar mais e melhores serviços de ecossistema aos cidadãos.

Tão importante como o processo restaurativo será fornecer informação ambiental aos cidadãos acerca de boas práticas a adotar, mostrando os seus benefícios na conservação da paisagem fluvial em Barcelos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, F. (2004). *Vegetação ripícola em sistemas fluviais mediterrânicos. Influência dos ecossistemas envolventes*. (Doutoramento em Engenharia Florestal), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Alberti, M. (2010). Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas. *Environmental Sustainability*(Human settlements and industrial systems), 178-184.
- Alberti, M., Booth, D., Hill, K., Coburn, B., Avolio, C., Coe, S., & Spirandelli, D. (2007). The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: An empirical analysis in Puget lowland sub-basins. *Landscape and urban planning*, 80, 345-361.
- APA. (2014). Planos de Gestão de Região Hidrográfica. Agência Portuguesa do Ambiente. Consultado em 22-05-2014, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834>
- APA, & ARH-N. (2012). Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2): Relatório Base. Agência Portuguesa do Ambiente, Administração da Região Hidrográfica do Norte.
- Araújo, L., Sousa, F., Neto, J., Souto, J., & Reinaldo, L. (2009). Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Universidade Estadual da Paraíba*, 8.
- Arizpe, D., Mendes, A., & Rabaça, J. (2009). *Zonas ribeirinhas sustentáveis: um guia de gestão*.
- Bennett, J., Sanders, N., Moulton, D., Phillips, N., Lukacs, G., Walker, K., & Redfern, F. (2002). Guidelines for protecting Australian waterways: Land & Water Australia.
- Bos, R., Caudill, C., Chilton, J., Douglas, E. M., Meybeck, M., & Prager, D. (2005). *Fresh Water Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*: Island Press.
- Cambridge, U. (2002). Principles of restoration. *Handbook of ecological restoration*. Cambridge University, 1.

- CE. (2010). Directiva-Quadro Água. Consultado em 26-03-2014, de <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/pt.pdf>
- Clancy, N., Larsen, D., Webster, L., Metters, D., Galbraith, R., & Lloyd, S. (2011). Land for Wildlife Notes Index, Water: Note W1 Riparian management and restoration. . In L. F. Wildlife (Ed.).
- Clarkfork. (2014). Streamflow restoration. Consultado em 08-06-2014, de <http://www.clarkfork.org/stream-renewal-initiative/working-with-water-streamflow-restoration.html>
- Clewell, A., Rieger, J., & Munro, J. (2000). Guidelines for developing and managing ecological restoration projects.
- Consejería de Agricultura, D. R., Medio Ambiente y Energía. (2012). Luta contra as espécies invasoras nas bacias hidrográficas dos rios Tejo e Guadiana na península ibérica. Consultado em 12-06-2014, de [http://s287964770.mialojamiento.es/invasep\\_pt/almeja\\_as.html](http://s287964770.mialojamiento.es/invasep_pt/almeja_as.html)
- DNR. (2014). Watershed Health Assessment Framework. Connectivity: Four dimensions. Minnesota Department of Natural Resources. Consultado em 08-06-2014, de <http://www.dnr.state.mn.us/whaf/about/5-component/dimensions.html>
- Duarte, M., & Moreira, I. (2009). Flora aquática e ribeirinha: Administração da Região Hidrográfica do Algarve.
- EDP. (2008). Plano de melhoria do estado de conservação dos peixes migradores e dos seus habitats no sector terminal do rio Cávado.
- Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Guneralp, B., Marcotullio, P., McDonald, R., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K., & Wilkinson, C. (2013). *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: challenges and opportunities*: Springer.

- Ercin, A. E., & Hoekstra, A. Y. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment International*, 64, 12.
- Fernandes, M. (2011). *Levantamento e intervenção em elementos perturbadores e dissonantes de paisagem nas serras do Baixo-Tâmega*. (Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente ), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- FISRWG. (1998). *Stream corridor restoration: principles, processes and practices*. : Federal Interagency Stream Restoration Working Group.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 1. Consultado em 05-06-2014, de [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- ISA, & UTAD. (2006). Bases ecológicas para a gestão de sistemas fluviais *Estudo Estratégico para a Gestão das Pescas Continentais* (pp. 120-160): Instituto Superior de Agronomia; Universidade de Trás os Montes e Alto Douro.
- Koehn, J. D., Brierley, G.J., Cant, B.L., Lucas, A.M.,. (2001). River restoration framework.
- Looy, K. V., & Meire, P. (2009). A conservation paradox for riparian habitats and river corridor species. *Journal for Nature Conservation*, 17, 33-46.
- Lovett, S., & Price, P. (2007). *Principles for riparian lands management*. Canberra: Land & Water Australia.
- Lovett, S. P., P. (1999). *Riparian land management technical guidelines, Principles of Sound Management* (Vol. 1).
- MAOTDR. (2009). *Articulação entre a gestão da água e a conservação da natureza e da biodiversidade*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.



- MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being: Opportunities and challenges for business and industry. Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Monteiro, J. (2013). *Avaliação da qualidade ecológica de zonas ripícolas e habitats fluviais no rio Paiva*. (Mestrado em Ecologia, Ambiente e Território), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.
- Morrison, B., & Lindell, C. (2010). Active or passive forest restoration? Assessing restoration alternatives with avian foraging behavior. *Restoration Ecology*, 19, 170-177.
- Murray, S. J., Foster, P. N., & Prentice, I. C. (2012). Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model. *Journal of Hydrology*, 16.
- NOAA. (2014). Streams & Rivers restoration. National Oceanic and Atmospheric Administration. Consultado em 30-05-2014, de <http://www.habitat.noaa.gov/restoration/techniques/srrestoration.html>
- Parish, E. S., Kodra, E., Steinhäuser, K., & Ganguly, A. R. (2012). Estimating future global per capita water availability based on changes in climate and population. *Computers & Geosciences*, 42, 79.
- Peixoto, M. (2008). *Qualidade biológica da água do rio Cávado*. (Mestrado em Hidrobiologia), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.
- Pennington, D., Hansel, J., & Gorchov, D. (2010). Urbanization and riparian forest woody communities: Diversity, composition, and structure within a metropolitan landscape.
- Pereira, H., Domingos, T., Vicente, L., & Proença, V. (2004a). Águas interiores superficiais *Ecossistemas e bem estar humano: Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*.

- Pereira, H., Domingos, T., Vicente, L., & Proença, V. (2004b). Estrutura conceptual do Millennium Ecosystem Assessment *Ecosistemas e bem estar humano: Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*.
- Phillips, N., Bennett, J., & Moulton, D. (2001). *Principles and tools for protecting Australian rivers*: Land & Water Australia.
- Pickett, S., Cadenasso, M., Grove, J., Boone, C., Groffman, P., Irwin, E., Kaushal, S., Marshall, V., McGrath, B., Nilon, C., Pouyat, R., Szlavecz, K., Troy, A., & Warren, P. (2011). Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, 92, 331-362.
- Pinho, S. (2012). *Métodos biológicos de controlo da amêijoia invasora Corbicula fluminea*. (Mestre em Biologia Aplicada, ramo Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecosistemas), Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Pinto, R. (2013). *A paisagem do Sítio de Interesse Comunitário Rio Paiva: caracterização e avaliação do estado ecológico* (Mestrado em Ecologia, Ambiente e Território), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.
- Price, P., & Lovett, S. (1999). *Riparian land management technical guidelines, On-ground management tools and techniques* (Vol. 2): Land and Water Resources Research and Development Corporation (LWRRDC).
- Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., & Payne, R. (2000). Pilot analysis of global ecosystems: Freshwater Systems. Washington, DC.
- Rutherford, I. D., Jerie, K., & Marsh, N. (2000a). *A rehabilitation manual for Australian streams* (Vol. 1).
- Rutherford, I. D., Jerie, K., & Marsh, N. (2000b). *A rehabilitation manual for Australian streams* (Vol. 2).
- UC. (2012). Plantas Invasoras em Portugal: O que são, onde estão e como as controlar? Universidade de Coimbra. Consultado em 12-06-2014, de <http://invasoras.uc.pt/>

- UM, & Simbiente. (2008). Estudo de valorização e desenvolvimento estratégico dos rios Cávado e Homem: Universidade do Minho; Simbiente – Engenharia e Gestão Ambiental.
- UNEP. (2009a). Ecosystem management *UNEP YEAR BOOK 2010*: United Nations Environment Programme: Division of Environmental Policy Implementation.
- UNEP. (2009b). *Ecosystem management programme: a new approach to sustainability*. United Nations Environment Programme: Division of Environmental Policy Implementation.
- UNESCO. (2003). Water for People, Water for life *World Water Development Report: Executive Summary*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNIDO, & UNU. (2014). World water day 2014 on water and energy. United Nations Industrial Development Organization and United Nations University. Consultado em 22-05-2014, de <http://www.unwater.org/worldwaterday/about-world-water-day/past-world-water-days/en/>
- USDA. (2014). Riparian area definition and delineation. United States Department of Agriculture, Forest Service. Consultado em 16-05-2014, de <http://www.fs.usda.gov/detail/hoosier/landmanagement/planning/?cid=fsbdev3017484>
- Valero, E., Picos, J., & Álvarez, X. (2014). Characterization of riparian forest quality of the Umia River for a proposed restoration. *Ecological Engineering*, 67, 216-222.
- WRC. (1999). Revegetation: Revegetating riparian zones in south-west Western Australia. *Water and Rivers Commission River Restoration Report No. RR4*.: Water and Rivers Commission.
- Wu, J. (2008). *Encyclopedia of Ecology* (S. E. J. a. B. D. Fath Ed.). Oxford: Academic Press.

## 7. ANEXOS

### ANEXO I-Ficha de análise da paisagem

Bacia de paisagem nº ____ / ____ ____° ____' ____" N ____° ____' ____" W Carta militar nº ____ Elemento de paisagem nº ____ / ____		Data: ____ / ____ / ____ Avaliador: _____							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Setor									
Tipo de elemento de paisagem									
Serviços de ecossistema prestados pelo elemento de paisagem									
Produção									
Suporte/Regulação									
Informação/Cultural									
Factores de risco no elemento de paisagem									
Lixeiras									
Tipo de lixeira									
RCD's									
Urbano									
Industrial									
Outro									
Zonas ardidas									
Incêndio recente									
Incêndio antigo									
Zonas de erosão									
nº									
Construções abandonadas									
Fábricas									
Casas									
Anexos agrícolas									
Outros									
Ecossistema fluvial									
Margens									
Margem esquerda									
Ripário									
Continuidade									
Composição									
Largura									
Artificialização da margem									
Fontes pontuais de poluição									
Margem direita									
Ripário									
Continuidade									
Composição									
Largura									
Artificialização da margem									
Fontes pontuais de poluição									
Leito									
Heterogeneidade do substrato									
Heterogeneidade do fluxo de água									
Detritos									
Obstáculos transversais									
Água									
Turvação									
Eutrofização									
Cheiro									
Vegetação exótica									
Cor									

## ANEXO II- Lista de variáveis utilizadas na análise da paisagem e código atribuído

Variável original			Valor da variável	Código da variável
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Monte	Monte	110
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Mato	Mato	120
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Floresta	Mista autóctone	131
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Floresta	Mista não autóctone	132
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Floresta	Pinhal	133
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Floresta	Eucaliptal	134
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Floresta	Degradado	135
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Agrícola	Subsistência	141
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Agrícola	Extensiva	142
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Agrícola	Intensiva	143
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Agrícola	Sistemas agrícolas artificiais	144
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Agrícola	Degradado	145
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Povoamento disperso	151
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Aldeia	152
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Vila	153
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Subúrbio urbano	154
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Cidade	155
Tipo de elemento da paisagem	Matriz	Zona Urbana	Degradado	156
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Monte	Monte	210
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Mato	Mato	220
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Floresta	Mista autóctone	231
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Floresta	Mista não autóctone	232
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Floresta	Pinhal	233
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Floresta	Eucaliptal	234
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Floresta	Degradado	235
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Agrícola	Subsistência	241
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Agrícola	Extensiva	242
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Agrícola	Intensiva	243
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Agrícola	Sistemas agrícolas artificiais	244
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Agrícola	Degradado	245
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Povoamento disperso	251
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Aldeia	252
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Vila	253
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Subúrbio urbano	254
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Cidade	255
Tipo de elemento da paisagem	Mancha	Zona Urbana	Degradado	256
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Rio	Rio	310
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Autoestrada, via rápida, estrada	Autoestrada, via rápida, estrada	320
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Caminho rural	Caminho rural	330
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Linha elétrica	Obriga a corredor próprio	341
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Linha elétrica	Não obriga a corredor próprio	342
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Via férrea	Via férrea	350
Tipo de elemento da paisagem	Corredor	Ripário	Ripário	360
Tipo de elemento da paisagem	Mosaico	Mosaico	Mosaico	400

TE





Variável original			Valor da variável	Código da variável
Margens	Ripário	Composição	Domínio de vegetação exótica	1
Margens	Ripário	Composição	Presença de alguma vegetação exótica	2
Margens	Ripário	Composição	Grande quantidade de vegetação atípica, sem exóticas	3
Margens	Ripário	Composição	Pequena quantidade de vegetação atípica, sem exóticas	4
Margens	Ripário	Composição	Só vegetação típica	5
Margens	Ripário	Largura	Estreito	1
Margens	Ripário	Largura	Normal	2
Margens	Ripário	Largura	Largo	3
Margens	Artificialização da margem	Ausente	Ausente	0
Margens	Artificialização da margem	Presente	Presente	1
Margens	Polição pontual	Ausente	Ausente	0
Margens	Polição pontual	Presente	Presente	1
Leito	Heterogeneidade do substrato	Dentro do expectável para a zona	Dentro do expectável para a zona	3
Leito	Heterogeneidade do substrato	Excesso de finos	Excesso de finos	2
Leito	Heterogeneidade do substrato	Déficit de finos	Déficit de finos	1
Leito	Heterogeneidade do fluxo de água	Dentro do expectável para a zona	Dentro do expectável para a zona	3
Leito	Heterogeneidade do fluxo de água	Excesso de zonas de deposição	Excesso de zonas de deposição	2
Leito	Heterogeneidade do fluxo de água	Excesso de zonas de erosão	Excesso de zonas de erosão	1
Leito	Detritos	Quantidade na paisagem	RCD's	0 - +∞
Leito	Detritos	Quantidade na paisagem	Agrícolas	0 - +∞
Leito	Detritos	Quantidade na paisagem	Domésticos	0 - +∞
Leito	Detritos	Quantidade na paisagem	Outros	0 - +∞
Leito	Obstáculos transversais	Barragem	Barragem	1
Leito	Obstáculos transversais	Açude	Açude	2
Leito	Obstáculos transversais	Ponte	Pequena obstrução	3
Leito	Obstáculos transversais	Ponte	Grande obstrução	4
Água	Turvação	Ausente	Ausente	0
Água	Turvação	Presente	Presente	1
Água	Eutrofização	Ausente	Ausente	0
Água	Eutrofização	Presente	Presente	1
Água	Cheiro	Ausente	Ausente	0
Água	Cheiro	Presente	Presente	1
Água	Vegetação exótica	Ausente	Ausente	0
Água	Vegetação exótica	Presente	Presente	1
Água	Cor	Ausente	Ausente	0
Água	Cor	Presente	Presente	1

RIPComp

RIPLar

ARTMar

POLpont

HETSub

HETFlux

DET

OBSTrans

TURV

EUTR

CHE

VegEx

COR

## ANEXO III-Código Bacia-Setor-Tipo de elemento da paisagem

Bacia	Setor	TE1	TE2	TE3	Código	Descrição variável
1	1	1	4	3	1-1-143	Matriz agrícola intensiva
1	2	1	4	3	1-2-143	Matriz agrícola intensiva
1	2	2	3	1	1-2-231	Mancha floresta mista autóctone
1	2	3	4	1	1-2-341	Linha eléctrica corredor próprio
1	3	3	1	0	1-3-310	Rio
1	1	3	6	0	1-1-360	Ripário
1	2	3	6	0	1-2-360	Ripário
1	4	3	1	0	1-4-310	Rio
1	1	3	6	0	1-1-360	Ripário
1	2	3	6	0	1-2-360	Ripário
2	1	2	4	3	2-1-243	Mancha agrícola intensiva
2	1	1	3	1	2-1-131	Matriz floresta mista autóctone
2	2	2	1	0	2-2-210	Mancha monte
2	2	2	5	4	2-2-254	Mancha subúrbio urbano
2	2	1	3	1	2-2-131	Matriz floresta mista autóctone
2	2	3	4	1	2-2-341	Linha eléctrica corredor próprio
2	3	3	1	0	2-3-310	Rio
2	1	3	6	0	2-1-360	Ripário
2	2	3	6	0	2-2-360	Ripário
3	1	2	4	2	3-1-242	Mancha agrícola extensiva
3	1	2	3	5	3-1-235	Mancha floresta degradado
3	1	3	5	0	3-1-350	Via férrea
3	1	3	4	1	3-1-341	Linha eléctrica corredor próprio
3	2	2	5	4	3-2-254	Mancha subúrbio urbano
3	2	1	3	1	3-2-131	Matriz floresta mista autóctone
3	3	3	1	0	3-3-310	Rio
3	1	3	6	0	3-1-360	Ripário
3	2	3	6	0	3-1-360	Ripário
4	1	2	4	2	4-1-242	Mancha agrícola extensiva
4	2	1	5	3	4-2-153	Matriz vila
4	4	3	1	0	4-4-310	Rio
4	1	3	6	0	4-1-360	Ripário
4	2	3	6	0	4-2-360	Ripário
5	1	1	5	3	5-1-153	Matriz vila
5	1	2	4	2	5-1-242	Mancha agrícola extensiva
5	1	2	3	1	5-1-231	Mancha floresta mista autóctone
5	2	2	5	6	5-2-256	Mancha urbana degradado
5	2	1	5	3	5-2-153	Matriz vila
5	3	3	1	0	5-3-310	Rio
5	1	3	6	0	5-1-360	Ripário
5	2	3	6	0	5-2-360	Ripário

Bacia	Setor	TE1	TE2	TE3	Código	Descrição variável
6	1	2	3	3	6-1-233	Mancha floresta pinhal
6	1	1	3	1	6-1-131	Matriz floresta mista autóctone
6	1	2	3	5	6-1-235	Mancha floresta degradado
6	2	2	5	6	6-2-256	Mancha urbana degradado
6	2	2	4	2	6-2-242	Mancha agrícola extensiva
6	2	2	5	4	6-2-254	Mancha subúrbio urbano
6	3	3	1	0	6-3-310	Rio
6	1	3	6	0	6-1-360	Ripário
6	2	3	6	0	6-2-360	Ripário
6	3	3	1	0	6-3-310	Rio
6	1	3	6	0	6-1-360	Ripário
6	2	3	6	0	6-2-360	Ripário
7	1	1	3	1	7-1-131	Matriz floresta mista autóctone
7	1	2	1	0	7-1-210	Mancha monte
7	1	2	5	4	7-1-254	Mancha subúrbio urbano
7	2	2	3	1	7-2-231	Mancha floresta mista autóctone
7	2	2	4	1	7-2-241	Mancha agrícola subsistência
7	3	3	1	0	7-3-310	Rio
7	1	3	6	0	7-1-360	Ripário
7	2	3	6	0	7-2-360	Ripário
8	1	2	3	3	8-1-233	Mancha floresta pinhal
8	1	2	4	1	8-1-241	Mancha agrícola subsistência
8	1	3	3	0	8-1-330	Caminho rural
8	1	2	4	5	8-1-245	Mancha agrícola degradado
8	1	1	5	2	8-1-152	Matriz aldeia
8	2	2	4	5	8-2-245	Mancha agrícola degradado
8	2	1	5	2	8-2-152	Matriz aldeia
8	2	3	4	1	8-2-341	Linha eléctrica corredor próprio
8	4	3	1	0	8-4-310	Rio
8	1	3	6	0	8-1-360	Ripário
8	2	3	6	0	8-2-360	Ripário
9	1	1	3	1	9-1-131	Matriz floresta mista autóctone
9	1	2	4	3	9-1-243	Mancha agrícola intensiva
9	1	2	3	3	9-1-233	Mancha floresta pinhal
9	2	2	3	4	9-2-234	Mancha floresta eucaliptal
9	2	2	3	2	9-2-232	Mancha floresta mista não autóctone
9	3	3	1	0	9-3-310	Rio
9	1	3	6	0	9-1-360	Ripário
9	2	3	6	0	9-2-360	Ripário

## ANEXO IV- Dados de análise da paisagem usados para a análise estatística

Bacia	DENSMat	SERPro	SEReSu	SERInCul	LIXEI	ZnArd	ZnEro	ConsAb	RIPCont	RIPComp	RIPLar	ARTMar	POLPont	HETSub	HETFlux	DET	OBSTrans	TURV	EUTR	CHE	VegEx	COF
1-1-143	1	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2-143	2	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2-231	0	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2-341	0	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-3-310	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
1-1-360	0	4	4	4	0	0	0	0	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2-360	0	5	5	5	0	0	0	0	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-4-310	0	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
1-1-360	0	3	3	3	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2-360	0	3	3	3	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-1-243	0	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-1-131	2	4	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2-210	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2-254	0	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2-131	2	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2-341	0	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3-310	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0
2-1-360	0	5	5	5	0	0	0	0	5	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2-360	0	4	4	4	0	0	0	0	4	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-1-242	0	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-1-235	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-1-350	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-1-341	0	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-2-254	0	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-2-131	2	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-3-310	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0

Bacia	DENSMat	SERPro	SEReSu	SERInCul	LXEl	ZnArd	ZnEro	ConsAb	RIPCont	RIPComp	RIPLar	ARTMar	POLMar	POLPont	HETSub	HETFlux	DET	OBSTrans	TURV	EUJR	CHE	Veget	COR
3-1-360	0	3	2	4	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-2-360	0	4	4	5	0	0	0	0	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-1-242	0	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-2-153	1	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-4-310	0	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0
4-1-360	0	5	4	5	0	0	0	0	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-2-360	0	4	3	3	1	0	2	0	5	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-1-153	2	4	4	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-1-242	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-1-231	0	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-2-256	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-2-153	2	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-3-310	0	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0
5-1-360	0	4	3	4	0	0	0	0	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-2-360	0	3	2	2	1	0	0	0	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-1-233	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-1-131	2	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-1-235	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-2-256	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-2-242	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-2-254	0	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-3-310	0	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6-1-360	0	5	5	5	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-2-360	0	5	4	4	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-3-310	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
6-1-360	0	2	2	1	0	0	1	0	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-2-360	0	3	2	1	0	0	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[illegible]